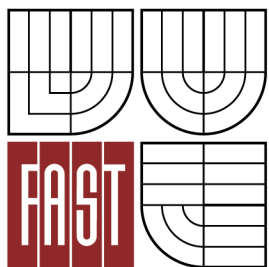




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

POSOUZENÍ VLIVU NESTANDARDNÍCH PŘÍTOKOVÝCH PROUDOVÝCH POMĚRŮ NA Q/H CHARAKTERISTIKU OSTROHRANNÉHO PŘELIVU S OBDÉLNÍKOVÝM VÝŘEZEM

ASSESSMENT EFFECTS SUBSTANDARD TRIBUTARIES FLOWING A PROPORTION ON Q/H
CHARACTERISTICS THIN-PLATE WEIR WITH A RECTANGULAR CUTOUT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. NINA ŠMIDRKALOVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŽOUŽELA, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Autor

Bc. Nina Šmidrkalová

**Název
závěrečné
práce**

Posouzení vlivu nestandardních přítokových proudových poměrů na Q/H charakteristiku ostrohranného přelivu s obdélníkovým výřezem

**Název
závěrečné
práce ENG**

Assessment effects substandard tributaries flowing a proportion on Q/H characteristics thin-plate weir with a rectangular cutout

**Anotace
závěrečné
práce**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou měřících systémů, především užívajících metody Q/H charakteristiky. Popisuje ostrohranné přelivy a zmiňuje se i o měrných žlabech. Uvádí možnosti monitorování průtoků v napevno nainstalovaných profilech s volnou hladinou. Součástí práce je i experiment, který je zaměřen na simulaci nestandardních přítokových proudových poměrů před instalovaným přelivem pro stanovení jejich vlivu na Q/H charakteristiku. Experiment je proveden na pravoúhlém ostrohranném obdélníkovém přelivu v Laboratoři vodohospodářského výzkumu Ústavu vodních staveb Fakulty stavební VUT v Brně. Součástí práce je zpracování naměřených hodnot a získání představy o dopadu tohoto jevu při reálných aplikacích. V neposlední řadě jsou doporučeny možnosti pro navazující výzkum.

**Anotace
závěrečné
práce ENG**

This master's thesis deals with the problem of measuring flow, especially using the method of Q/H characteristics. It describes the thin-plate weir and mentions specific channels. The master's thesis suggests options of monitoring flow capacity in fixed profiles with free surface. The master's thesis also includes an experiment, which is focused on simulation of substandard tributary flowing proportions before weirs for determining their effect on Q/H characteristics. The experiment is carried out on a thin-plate weir with a rectangular notch at the Department of Water Structures at the Faculty of Civil Engineering in Brno. Another part of the master's thesis is data processing to get an idea about the impact of the phenomenon in real applications. Finally, options are recommended for follow-up research.

Klíčová slova

Měřicí systém, volná hladina, Q/H charakteristika, ostrohranný přeliv, měření průtoků, přeliv s nestandardními přítokovými proudovými poměry, pravoúhlý ostrohranný obdélníkový přeliv, nejistota měřené veličiny.

**Klíčová slova
ENG**

Specific system, free surface, Q/H characteristics, thin-plate weir, measuring flow capacity, weir with substandard tributary flowing proportions, a thin-plate weir with a rectangular notch, uncertainty of the measurand.

Typ závěrečné práce	Diplomová práce
Datový formát elektronické verze	
Jazyk závěrečné práce	Čeština
Přidělovaný titul	Ing.
Vedoucí závěrečné práce	Ing. MICHAL ŽOUŽELA, Ph.D.
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav vodních staveb
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

ŠMIDRKALOVÁ, Nina. *Posouzení vlivu nestandardních přítokových proudových poměrů na Q/H charakteristiku ostrohranného přelivu s obdélníkovým výřezem*. Brno, 2012. 62 s., 99 s příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. Michal Žoužela, Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně. Veškeré prameny, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu literatury.

Ve Vysočanech 3.1.2012

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Michalovi Žouželovi, Ph.D. za odborné vedení, technické zázemí pro praktickou část mé práce a rady, které mi pomohly při zpracování této práce.

Obsah

Seznam symbolů	0
1 Úvod.....	2
2 Měření průtoků v profilech s volnou hladinou	4
2.1 Ostrohranné měrné přelivy	5
2.1.1 Trojúhelníkový přeliv.....	5
2.1.2 Obdélníkový přeliv bez bočního zúžení.....	6
2.1.3 Obdélníkový přeliv s bočním zúžením	7
2.1.4 Lichoběžníkový přeliv	11
2.2 Měrné žlaby	12
2.2.1 Parshallův žlab	12
2.2.2 Venturiho žlab.....	13
3 Nejistota měřené veličiny	15
3.1 Popis nejistot měření	15
3.1.1 Přímé měření veličin	15
3.1.2 Nepřímé měření veličin.....	17
3.2 Zdroje nejistot.....	18
4 Stanovení vlivu nestandardních přítokových proudových poměrů před konstrukcí ostrohranného přelivu na jeho Q/H charakteristiku	19
4.1 Motivace	19
4.2 Cíle práce.....	19
5 Experimentální část.....	20
5.1 Měřicí trať a technika	20
5.1.1 Hydraulický okruh laboratoře	21
5.1.2 Řídicí systém laboratoře.....	21
5.1.3 Popis hydraulického měrného žlabu	22

5.1.4	Popis použité techniky	23
5.2	Popis měrné tratě experimentu	23
5.3	Popis experimentu	24
5.4	Postup měření	28
5.5	Zpracování naměřených hodnot	33
5.6	Dosažené výsledky	34
5.7	Výpočet nejistot měření.....	37
5.8	Vyhodnocení naměřených hodnot první série měření.....	40
5.9	Vyhodnocení naměřených hodnot druhé série měření	45
5.10	Vyhodnocení naměřených hodnot třetí série měření.....	49
6	Shrnutí experimentem dosažených výsledků.....	57
7	Doporučení pro navazující výzkum.....	59
8	Závěr	60
9	Literatura.....	61
Přílohová část		

Seznam symbolů

A, B, C, D – koeficienty [-]

b, b_0 - šířka přelivu [m]

b_e - efektivní šířka přelivu [m]

C_e, C - součinitel průtoku [-]

g - tíhové zrychlení [m/s^2]

h - výška přepadového paprsku [m]

$H_{kon,i}$ – přepočtená úroveň hladiny vody na konci žlabu [m]

$H_{kon,vnc}$ – úroveň hladiny vody na konci žlabu vykazovaná systémem [m]

$H_{zač,i}$ – přepočtená úroveň hladiny vody na začátku žlabu [m]

$H_{zač,vnc}$ - úroveň hladiny vody na začátku žlabu vykazovaná systémem [m]

k_{uA} - koeficient rozšíření [-]

m - součinitel přepadu [-]

$Q_{\check{S}N}$ – průtočné množství vypočtené dle normy [m^3/s]

Q_i – průtočné množství [m^3/s]

Q_{vnc} – průtočné množství vykazovaná systémem [m^3/s]

$Q_{i,reg}$ - regresní průtok [m^3/s]

$s_0, S, S_{Hkon,i}$ - směrodatná odchylka [l/s]

S_0 – minimální hodnota součtu reziduí [-]

u - kombinovaná nejistota [%]

u_A - standardní nejistota typu A [%]

u_B - standardní nejistota typu B [%]

u_{B_j} - standardní nejistota typu B j-tého vlivu [%]

u_{Hkon} - nejistota v úrovni hladiny vody [%]

$u_{Q,LAB}$ - nejistota měření indukčního průtokoměru [%]

$u_{křivka(IS)}$ - nejistota odhadu střední funkční hodnoty regresní funkce [%]

u_Q - celková nejistota [%]

u_y - nejistota veličiny y [%]

Z_{max_j}, Z_{max} - maximální možná odchylka [-]

1 Úvod

Vodní hospodářství je významným oborem s dlouholetou tradicí, který se neustále vyvíjí. Voda je základním prvkem života, který se v některých částech světa stává nedostatkovou surovinou. I v České republice je velice důležité počítat s možnými přírodními vlivy. Nedílnou součástí vodního hospodářství v České republice je i hydrotechnický výzkum. Hydrotechnický výzkum je disciplína, která se zabývá modelováním a simulací účinků vody. Jeho počátek je spjat spolu s rozmachem vodního stavitelství. Hydrotechnický výzkum napomáhá k optimálnímu využití vodních zdrojů nejen v současnosti ale i pro budoucí generaci a je důležitý i pro plánování v oblasti vod. Proto je v dnešní době výzkum měřících systémů pro monitorování průtoku při odebírání vod z toků, při kritických stavech na tocích, při zvýšených dešťových srážkách či vypouštění vod do vod povrchových stále více předmětem zájmu. Při stávajících klimatických podmínkách a neustále se opakujících nepříznivých jevech je stále důležitější vhodně navrhnout tyto měřicí systémy a na těch již vybudovaných při posuzování jejich funkční způsobilosti kontrolovat celou řadu důležitých geometrických, proudových, softwarových a dalších parametrů. Měřicím systémem rozumíme sestavu jednotlivých měřících prvků, například v případě využití metody Q/H charakteristiky se může jednat o přeliv, hloubkoměrný snímač a vyhodnocovací jednotku. Jedním z důležitých parametrů, který významným způsobem může ovlivnit přesnost měření měřicím systémem, jsou i nestandardní přítokové poměry vznikající díky špatně navrženému či realizovanému přítokovému korytu před zmíněným přelivem. Právě proto je tato práce zaměřena na nejpoužívanější ostrohranné přelivy, na jejich popis a především na posouzení vlivu přítokových proudových poměrů na jejich Q/H charakteristiku.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části, a to na teoretickou a praktickou část. Teoretická část poskytuje ucelený pohled na problematiku měřících systémů. Popisuje ostrohranné přelivy, detailně se zabývá jednotlivými druhy přelivů a zmiňuje se i o měrných žlabech. Uvádí také možnosti monitorování průtoků v napevno nainstalovaných profilech s volnou hladinou. Detailněji pak popisuje metody měření průtoků s volnou hladinou se zaměřením na měřicí systémy užívající metodu Q/H

charakteristiky, mezi které patří ostrohranné měrné přelivy a měrné žlaby. Informace o této problematice jsou čerpány z odborné literatury a ověřených článků z internetu.

Praktická část práce nejprve popisuje zázemí laboratoře, měrnou trať, použitou techniku a software, podmínky měření v laboratoři a postup výzkumných prací. Experimentální část práce je zaměřena na simulaci nestandardních přítokových proudových poměrů před instalovaným přelivem pro stanovení jejich vlivu na Q/H charakteristiku. Tento experiment je proveden na pravoúhlém ostrohranném obdélníkovém přelivu v Laboratoři vodohospodářského výzkumu Ústavu vodních staveb Fakulty stavební VUT v Brně. Nedílnou součástí experimentu je i samostatné zpracování naměřených hodnot a jejich porovnání s dostupnou literaturou a porovnání jednotlivých měření navzájem. Cílem tohoto experimentu je určit vliv nestandardních proudových přítokových poměrů na Q/H charakteristiku ostrohranného přelivu a získat tak představu o dopadu tohoto jevu při reálných instalacích in-situ.

2 Měření průtoků v profilech s volnou hladinou

V oboru vodního hospodářství se pro monitorování průtoků, při vypouštění vod do vod povrchových i při odebírání vod z toků ve většině případů jako fakturační měřidla používají měřicí systémy, patřící ve smyslu metrologických předpisů do měřidel pracovních nestanovených. Tyto měřicí systémy se instalují napevno do profilů s volnou hladinou a jejich měřicí rozpětí je prakticky od nuly až do několika m^3/s . Tato měřidla využívají dvou odlišných metod. První metodou je využití Q/H charakteristiky, kdy je definována závislost průtoků na hloubce, případně výšce přepadového paprsku. Mezi tyto měřicí systémy patří měrné přelivy a měrné žlaby. Druhou užívanou metodou je kontinuální metoda, která využívá principu spojitosti proudu. Při této metodě je průřezová rychlost stanovena pomocí rychlostního snímače a plocha průtočného průřezu je stanovena na základě měření hloubky proudu v místě měrného profilu.

U pevně nainstalovaných měřicích systémů musí být posouzena jejich funkční způsobilost. Funkční způsobilost měřicího systému je definována jako soubor postupů, pomocí nichž se určí, zda měřicí systém ve funkci pracovního měřidla nestanoveného splňuje požadavky příslušných právních, technických a metrologických předpisů včetně dohod v závazkových vztazích a je způsobilý pro měření proteklého objemu. Funkční způsobilost může posoudit jen autorizovaný subjekt, což je odborně způsobilá právnická nebo fyzická osoba s autorizací k výkonu úředního měření průtoků aplikovanou pro daný účel. [1]

Pro měření průtoků v profilech s volnou hladinou je pro svoji jednoduchost a nízkou zranitelnost měřicího systému velice hojně využíváno měřidel pracujících na principu metody Q/H charakteristiky, kterou se budeme v následujícím textu dále zabývat.[2]

Pro upřesnění lze dodat, že dle [3] „*přepad vody nastává, postaví-li se proudu vody napříč překážka, přes kterou se voda přelévá. Tuto překážku nazýváme přeliv. Vlastní hydraulický jev, který při tomto druhu pohybu vody vzniká, nazýváme přepad. Přepadající proud vody je přepadový paprsek. Nejvyšší část přelivu se nazývá koruna přelivu, při ostrohranném přelivu přelivná hrana.*

Na přepad vody, zejména na množství Q přepadající při určité přepadové výšce, má podstatný vliv tvar přelivu. Podle tvaru dělíme přelivy na tyto základní typy: a) ostrohranné přelivy, b) proudnicové přelivy, c) přelivy se širokou korunou, d) zvláštní typy přelivů.“

Je-li přepad na přelivu ovlivněn úrovní hladiny dolní vody, je tento přepad označován přepadem nedokonalým, není-li tomu tak, jde o přepad dokonalý.

Pro měření průtoků s využitím Q/H charakteristiky se používá několik typů ostrohranných přelivů a měrných žlabů.

2.1 Ostrohranné měrné přelivy

Ostrohranné měrné přelivy lze rozdělit na přelivy s výřezem ve tvaru V, neboli trojúhelníkové přelivy (s různým středovým úhlem výřezu), přelivy s pravoúhlým výřezem (bez bočního nebo s bočním zúžením), přelivy s lichoběžníkovým výřezem nebo přelivy speciální, zpravidla složené. Volba typu měrného přelivu je závislá na geometrických a proudových poměrech v místě instalace, možnosti rozsahu měřených průtoků a požadované přesnosti. [2]

Ostrohranné přelivy mají společné vlastnosti, mezi něž patří jednoduchá a rychlá instalace, relativně vysoká přesnost měření a vysoká přizpůsobivost měrnému rozsahu. Nežádoucími vlastnostmi je obtížná nebo neekonomická prefabrikace, zvýšené požadavky na uklidnění rychlostního pole v protiproudém úseku.

2.1.1 Trojúhelníkový přeliv

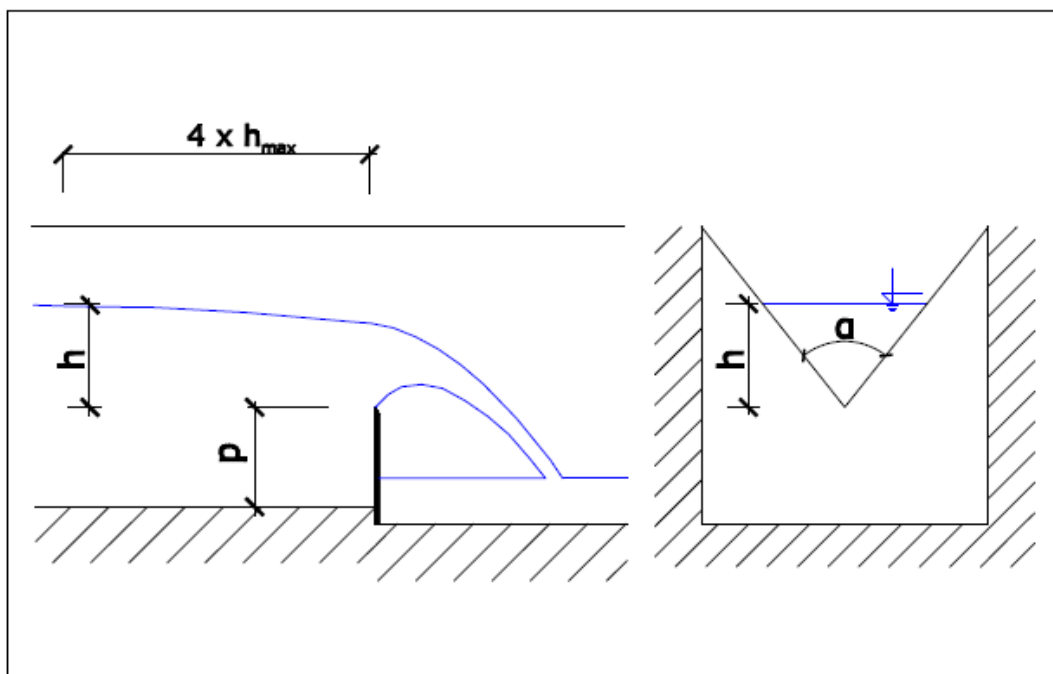
Tento přeliv je využíván pro nejpresnější stanovení průtoků v systémech s volnou hladinou a patří k nejprostudovanějším typům přelivů (obr. 1). Trojúhelníkový přeliv může obecně svírat jakýkoli úhel výřezu, zpravidla v rozsahu od 20° do 100° . Zvláštní případ trojúhelníkového přelivu je Thomsonův přeliv, který má vrcholový úhel výřezu 90° . Pro stanovení průtoků pro obecný trojúhelníkový přeliv se užívá vztah

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot tg \frac{\alpha}{2} \cdot h^{5/2}, \quad (2.1.1.1)$$

kde g je tíhové zrychlení, h je výška přepadového paprsku, α je vrcholový úhel. Pro stanovení průtoku přes Thomsonův přeliv se vztah zjednoduší, jelikož $\tan \frac{\alpha}{2} = 1$. Součinitel přepadu μ byl určen experimentálně jako funkce tří proměnných

$$\mu = f\left(\frac{p}{b}, \frac{h}{p}, \alpha\right). \quad (2.1.1.2)$$

Dále lze použít pro jeho stanovení řadu vztahů[4,7]. Trojúhelníkový přeliv se používá pro přesné měření rozkolísaných průtoků, jelikož patří k přelivům citlivým na změnu průtoku. Při návrhu je však třeba brát ohled na při stejné přepadové výšce relativně nižší průtok než u ostatních ostrohranných přelivů. [2]



Obr. 1 Schéma trojúhelníkového přelivu

2.1.2 Obdélníkový přeliv bez bočního zúžení

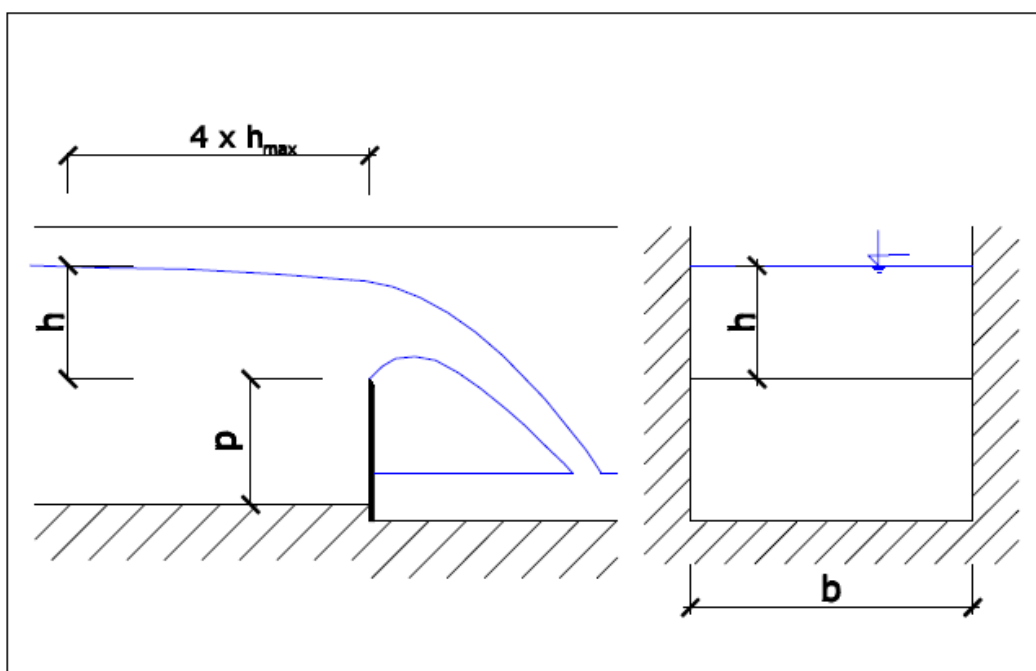
Obdélníkový přeliv bez bočního zúžení je nazývaný Bazinův přeliv. Bazinův přeliv patří spolu s trojúhelníkovým přelivem k nejprostudovanějším typům přelivů (obr. 2). Pro stanovení průtoku se užívá vztah

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}, \quad (2.1.2.1)$$

kde b je šířka přelivu, g je tíhové zrychlení, h je výška přepadového paprsku, a ve kterém pro stanovení přepadového součinitele m lze použít celou řadu vztahů.[8] Například vztah dle Bazina

$$m = \left(0,405 + \frac{0,003}{h}\right) \cdot \left[1 + 0,55 \cdot \left(\frac{h}{h+p}\right)^2\right], \quad (2.1.2.2)$$

kde p je výška přelivu, a který platí v rozmezí $0,1\text{m} < h < 0,6\text{m}$, $0,5\text{m} < b < 2\text{m}$, $0,2\text{m} < p < 2\text{m}$. Dále i vztah Rehbocka, SIA, Kindsvatera a Cartera a dalších, které lze nalézt v[5,8]. Prostor pod přepadovým paprskem musí být vždy zavzdušněn.



Obr. 2 Schéma obdélníkového přelivu bez bočního zúžení

2.1.3 Obdélníkový přeliv s bočním zúžením

Obdélníkový přeliv s bočním zúžením je jinak zvaný Poncelletův přeliv (obr. 3). U Poncelletova přelivu platí, že $b_0 < b$. Toto boční zúžení se provádí zpravidla (5-10)% z rozsahu celkové šířky b , čímž je dosaženo zavzdušnění spodní části přepadového paprsku. [6]

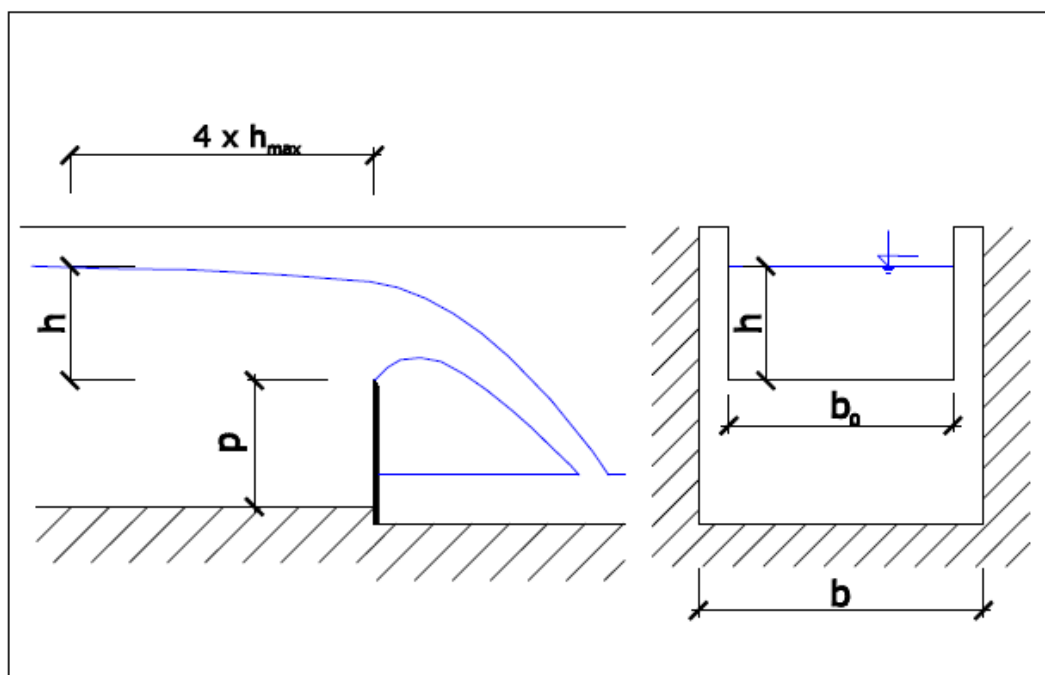
Pro stanovení průtoku Poncelletovým přelivem se užívá vztah

$$Q = m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}, \quad (2.1.3.1)$$

kde b_0 je efektivní šířka přelivu, g je tíhové zrychlení, h je výška přepadového paprsku, přepadový součinitel se určí například dle výrazu

$$m = \left[0,405 + \frac{0,0027}{h} - 0,03 \cdot \left(1 - \frac{b_0}{b} \right) \right] \cdot \left[1 + 0,55 \cdot \left(\frac{b_0}{b} \right)^2 \cdot \left(\frac{h}{h+p} \right)^2 \right], \quad (2.1.3.2)$$

kde p je výška přelivu, b je šířka přelivu, s platností $p \geq 0,3 \text{ m}$, $\frac{b_0}{b} \leq 1$, $\left(\frac{b}{b_0} \right) 0,025 \leq h \leq 0,8 \text{ m}$.



Obr. 3 Schéma obdélníkového přelivu s bočním zúžením

Obsah předchozích kapitol **2.1.2** a **2.1.3** lze ve smyslu normy ČSN ISO 1438-1[8] řadit pod ostrohranné přelivy s pravoúhlým výřezem, kde přepadové množství Q lze určit dle několika již výše zmíněných vztahů, s podmínkou splnění okrajových podmínek. V následujících odstavcích tyto vztahy i s okrajovými podmínkami, tak jak jsou uvedeny v [8], probereme podrobněji:

a) Kindsvater a Carter

$$Q = C_e \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot b_e \cdot h_e^{3/2}, \quad (2.1.1)$$

kde C_e je součinitel průtoku, b_e je efektivní šířka, h_e je efektivní přepadová výška, g je tíhové zrychlení. Pro C_e je několik vztahů, jež jsou závislé na dvou parametrech, poměru šířky přelivu k šířce koryta a poměru výšky přepadového paprsku k výšce přelivu. Pro efektivní šířku je uveden vztah

$$b_e = b + k_b, \quad (2.1.2)$$

kde b je šířka přelivu, k_b je experimentálně určená veličina. Pro efektivní přepadovou výšku je uveden vztah

$$h_e = h + k_h, \quad (2.1.3)$$

kde h je výška přepadového paprsku, k_h je také experimentálně určená veličina. Okrajové podmínky:

$$\frac{h}{p} < 2,5, \quad h > 0,03 \text{ m}, \quad b > 0,15 \text{ m}, \quad p > 0,1 \text{ m}, \quad (2.1.4)$$

kde $\frac{h}{p}$ je poměr výšky přepadového paprsku k výšce přelivu nade dnem přítokového koryta, h je výška přepadového paprsku, b je šířka přelivu, p je výška přelivu.

b) SIA

$$Q = C \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot b \cdot h^{3/2}, \quad (2.1.5)$$

kde g je tíhové zrychlení, b je šířka přelivu, h je výška přepadového paprsku a C je součinitel průtoku, který je závislý na poměru šířky přelivu k šířce koryta a poměru výšky přepadového paprsku k výšce přelivu. Okrajové podmínky:

$$\frac{h}{p} < 1, \quad \frac{b}{B} < 0,3, \quad h > 0,025 \cdot \frac{B}{b}, \quad h > 0,8 \text{ m}, \quad p > 0,3 \text{ m}, \quad (2.1.6)$$

kde $\frac{h}{p}$ je poměr výšky přepadového paprsku k výšce přelivu nade dnem přítokového koryta, $\frac{b}{B}$ je poměr šířky přelivné hrany k šířce přelivu, h je výška přepadového paprsku, p je výška přelivu.

c) Rehbock

$$Q = C_e \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot b \cdot h_e^{3/2}, \quad (2.1.7)$$

kde C_e je součinitel průtoku, g je tíhové zrychlení, b je šířka přelivu, h_e je efektivní přepadová výška. Pro C_e je uveden vztah

$$C_e = 0,602 + 0,0803 \frac{h}{p}, \quad (2.1.8)$$

kde $\frac{h}{p}$ je poměr výšky přepadového paprsku k výšce přelivu nade dnem přítokového koryta. Pro h_e je uveden vztah

$$h_e = h + 0,0012 \cdot p. \quad (2.1.9)$$

Okrajové podmínky:

$$\frac{h}{p} < 1,0, (0,75 > h > 0,03) \text{ m}, b > 0,3 \text{ m}, p > 0,1 \text{ m}, \quad (2.1.10)$$

kde $\frac{h}{p}$ je poměr výšky přepadového paprsku k výšce přelivu nade dnem přítokového koryta, h je výška přepadového paprsku, b je šířka přelivu, p je výška přelivu.

d) IMFT

$$Q = C_e \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot b \cdot \left[h + \frac{v_a^2}{2g} \right]^{3/2}, \quad (2.1.11)$$

kde C_e je součinitel průtoku, g je tíhové zrychlení, b je šířka přelivu, h je výška přepadového paprsku, v_a je průřezová rychlost v přítokovém korytě. Pro C_e je uveden vztah

$$C_e = 0,627 + 0,018 \left[\frac{h + \frac{v_a^2}{2g}}{p} \right], \quad (2.1.12)$$

kde p je svislá odlehlost mezi úrovní přelivné hrany a dnem přítokového koryta. Okrajové podmínky:

$$\frac{h}{p} < 2,5, h > 0,03 \text{ m}, b > 0,2 \text{ m}, p > 0,1 \text{ m}, \quad (2.1.13)$$

kde $\frac{h}{p}$ je poměr výšky přepadového paprsku k výšce přelivu nade dnem přítokového koryta, h je výška přepadového paprsku, b je šířka přelivu, p je výška přelivu.

Vztah dle IMFT je určen jen pro přeliv na plnou šířku koryta.

Podrobnější informace pro jednoznačnou aplikaci uvedených vztahu je možné nalézt v [8].

2.1.4 Lichoběžníkový přeliv

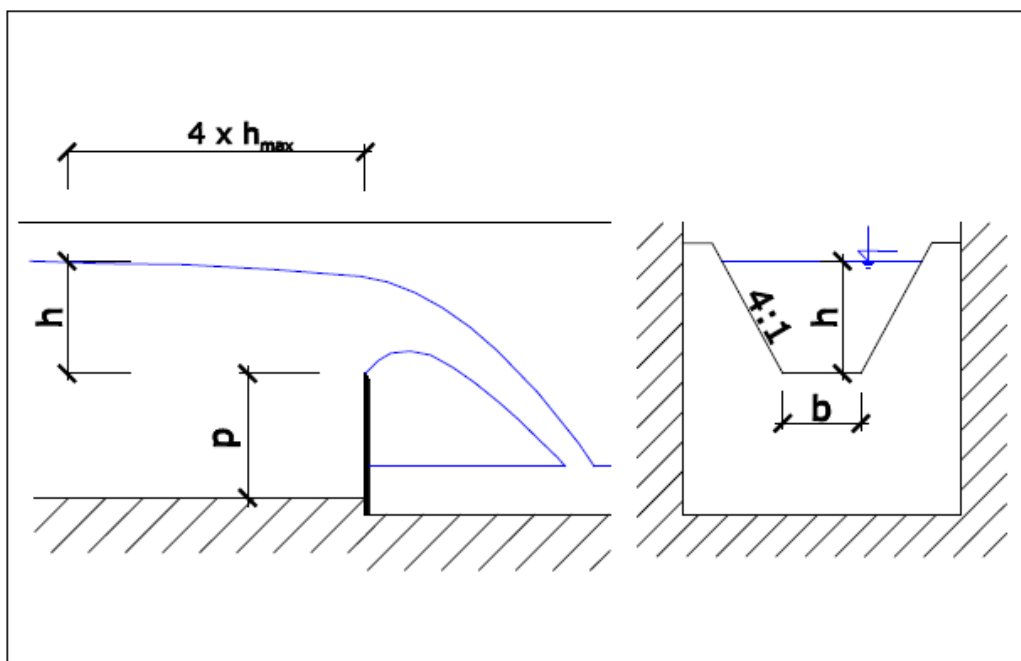
Lichoběžníkový přeliv je jinak zvaný přelivem Cipolettiho pokud sklon bočních hran je 4:1. Cipolettiho přeliv (obr. 4) lze chápat jako přechodový přeliv mezi přelivem s výřezem V a přelivem pravoúhlým. I pro tento přeliv lze užít vztahu

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}, \quad (2.1.4.1)$$

kde g je tíhové zrychlení, b je šířka přelivu, h je výška přepadového paprsku a při sklonu boků 4 : 1 je m nezávislé na přepadové výšce $m \approx 0,42$, takže

$$Q \approx 1,86 \cdot b \cdot h^{3/2}, \quad (2.1.4.2)$$

přítom má být $b \geq 3 \cdot h$. [9]



Obr. 4 Schéma lichoběžníkového přelivu

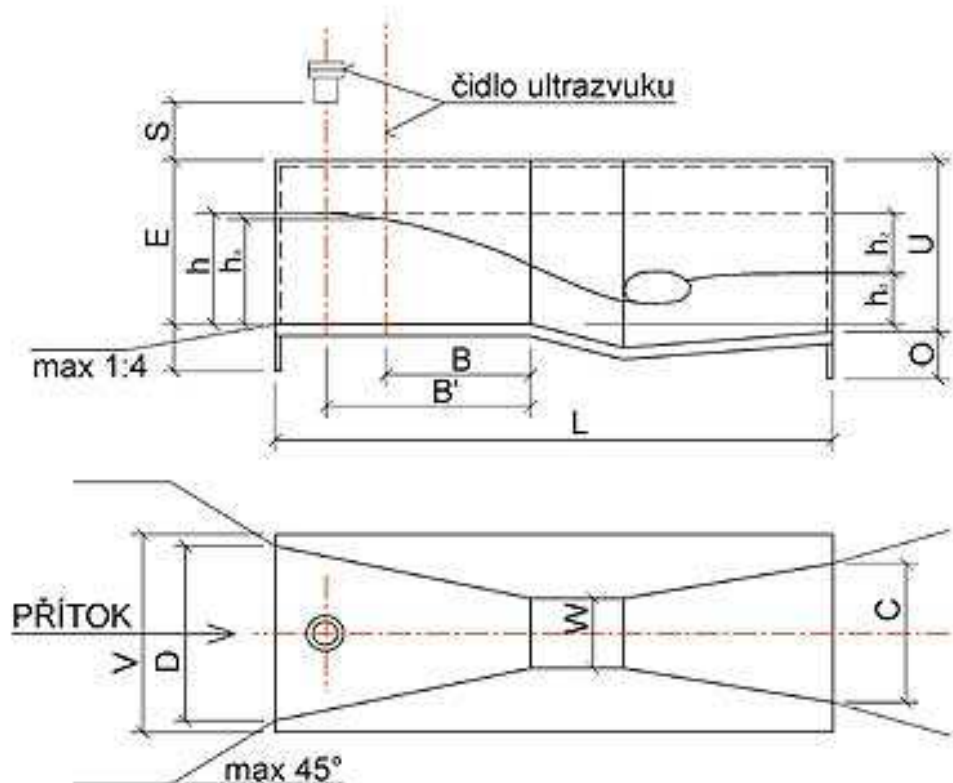
2.2 Měrné žlaby

Měrný žlab je konstrukce, kde není omezen průtok vody u dna v místě vlastního měrného žlabu. Podmínky pro vznik kritické hloubky jsou vytvořeny zúžením průtočného profilu, tomu to místu se říká hrdlo. Proudění říční je tudíž nuceno přejít do proudění bystrinného. Mezi nejznámější žlaby lze řadit žlab Parshallův, Venturiho nebo Saniiriho.

Mezi vlastnosti měrných žlabů patří jednoduchý tvar, relativně jednoduchá instalace, nízká ztráta na spádu, nižší požadavky na uklidnění rychlostního pole a odolnost vůči zanášení. Krátce se v následujících kapitolách zmíníme o jednotlivých typech měrných žlabů.

2.2.1 Parshallův žlab

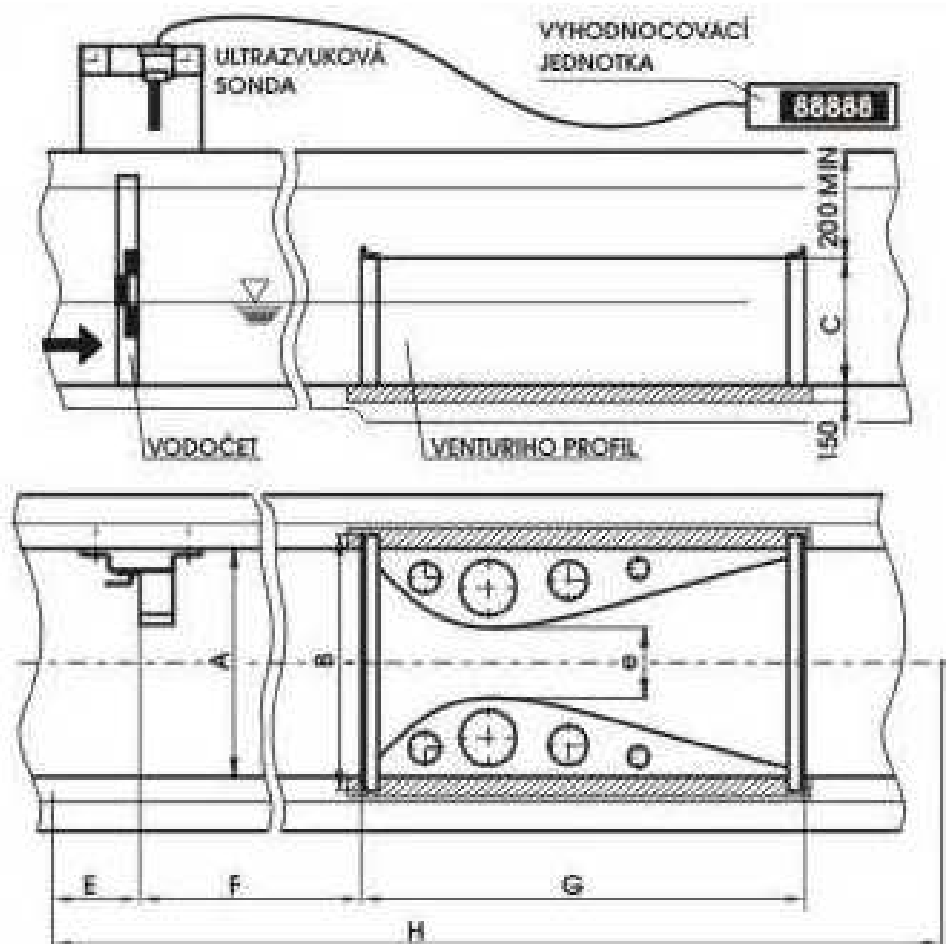
Parshallův měrný žlab (obr. 5) se řadí mezi žlaby s dlouhým hrdlem a používá se tam, kde je vyrovnaný rozsah průtoků. Na Parshallových žlabech může být měřen průtok od 1,5 l/s až do 4000 l/s. U tohoto žlabu lze očekávat nepřesnost měření kolem $\pm 5\%$. S lineárně rostoucí výškou přepadového paprsku roste lineárně průtočná plocha. Výhodou je, že výška přepadového paprsku se měří již v zužujícím se profilu, kde dochází ke zvýšení rychlosti a proudnice díky tvaru zúžení a blízkosti skluzu v hrdle jsou stabilnější. Parshallovy žlaby mají pravoúhlý průtočný průřez, přičemž jeho šířka i tvar dna jsou poproudně proměnné. Tyto žlaby mají velký rozsah šířek hrdla, od velmi malých (0,0254m) až k velkým (15m a více). [5] [9]



Obr. 5 Schéma Parshallova žlabu. Popis: zužující se vtoková část s vodorovným dnem, část s krátkým hrdlem se dnem skloněným po proudu ve sklonu 3:8 a rozšiřující se výtoková část se dnem skloněným proti proudu ve sklonu 1:6

2.2.2 Venturiho žlab

Měrný Venturiho žlab se řadí mezi žlaby bez dlouhého hrdla (obr. 6). U tohoto žlabu může dosahovat nepřesnost měření taktéž $\pm 5\%$. Tento žlab je obdélníkového případně i lichoběžníkového průtočného průřezu a dno je vodorovné. Konstrukce Venturiho žlabu je jednodušší.[2]



Obr. 6 Schéma Venturiho žlabu

3 Nejistota měřené veličiny

V praxi neexistují měření, měřicí metody a přístroje, které by byly absolutně přesné. Měření je ovlivněno různými negativními vlivy, které se vyskytují v reálném měřicím procesu, ty se projeví chybou mezi měřenou a skutečnou hodnotou sledované veličiny. Aby měřené hodnoty poskytly skutečné informace o sledovaném objektu, musí se k výsledkům měření doplnit údaj charakterizující odhad intervalu jeho důvěryhodnosti, což lze vhodně provést nejistotou měření příslušné veličiny. [10]

V této práci se zabýváme porovnáváním vlivů standardních a nestandardních přítokových proudových poměrů. Pro rozhodnutí o vlivu nestandardních proudových poměrů na výsledné parametry, je nutné se zabývat i příslušnými hodnotami nejistot za podmínek poměrů standardních. Určíme tak, které výsledky z experimentu jsou způsobeny případnou nejistotou měření (za standardních poměrů) a které právě nestandardními přítokovými poměry.

3.1 Popis nejistot měření

V praxi se nejistoty měření stanovují při experimentálním ověřování fyzikálních zákonů, experimentálním určování hodnot fyzikálních konstant, kalibraci pracovních i provozních měřidel, typových zkouškách měřidel, vyhodnocování technických a metrologických vlastností měřidel, přejímacích a garančních zkouškách, úředních měřeních ve smyslu zákona o metrologii a ostatních závazných měřeních v technické praxi. [10]

„Nejistota měření charakterizuje rozsah naměřených hodnot okolo výsledku měření, který lze důvodně přiřadit k hodnotě měřené veličiny. Nejistota měření se týká nejen výsledku měření, ale i měřících přístrojů, hodnot použitých konstant, korekcí apod., na kterých nejistota výsledku měření závisí. Základem určování nejistot měření je statistický přístup.“ [10]

Zjišťování jednotlivých standardních nejistot se řídí dle typu měření jedné nebo více veličin, které je přímé nebo nepřímé.

3.1.1 Přímé měření veličin

Získává hledanou veličinu přímo z jedné měřené veličiny.

Míra nejistoty měření je dána směrodatnou odchylkou udávané veličiny. Základní charakteristika nejistoty je standardní nejistota – u . Tato nejistota se dělí na standardní nejistoty typu A a typu B.

Standardní nejistoty typu A – u_A jsou způsobovány náhodnými chybami, jejichž příčiny se považují za neznámé. Stanovení nejistoty typu A se provádí z opakovaných měření stejné hodnoty měřené veličiny a se stoupajícím počtem opakovaných měření se nejistoty zmenšují, tedy při předpokladu normálního (Gaussova) rozdělení měřené veličiny. Standardní nejistota typu A je charakterizována výběrovou směrodatnou odchylkou vyjádřenou následujícím vztahem

$$s_0(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}. \quad (3.1.1.1)$$

Samotná nejistota je vyjádřena vztahem

$$u_A(x_i) = k_{uA} \cdot \frac{s_0(x_i)}{\sqrt{n}}, \quad (3.1.1.2)$$

kde k_{uA} je bezpečnostní faktor, který je závislý na počtu měření.

Standardní nejistoty typu B – u_B jsou způsobovány známými příčinami a odhadnutelnými příčinami vzniku, proto nezávisí na počtu měření. Tyto nejistoty vycházejí z různých zdrojů a výsledná nejistota je dána jejich sumací. Nejistoty typu B j -tého vlivu na přímo měřenou veličinu x_i se určí dle vztahu

$$u_{B_j}(x_i) = \frac{Z_{max_j}}{\chi_j}, \quad (3.1.1.3)$$

kde Z_{max_j} je maximální možná odchylka způsobená daným vlivem j , χ_j je převodní koeficient příslušného rozdělení pravděpodobnosti měřené veličiny, pro normální rozdělení je $\chi_j = 3$ a pro rovnoměrné rozdělení je $\chi_j = \sqrt{3}$. Celková nejistota typu B je vyjádřena vztahem

$$u_B(x_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^m [u_{B_j}(x_i)]^2}, \quad (3.1.1.4)$$

kde m je počet vlivů na přímo měřenou veličinu X_i .

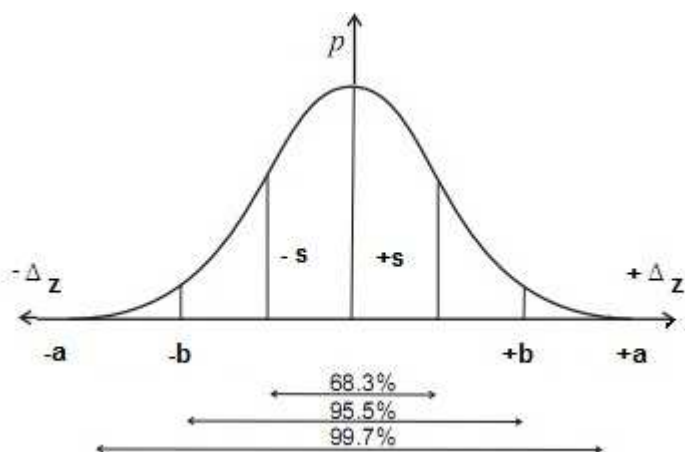
Kombinovaná standardní nejistota – $u(x_i)$ je kvadratickým sloučením standardní nejistoty typu A a standardní nejistoty typu B. Tato nejistota udává interval, ve kterém se s pravděpodobností přibližně 68 % (v případě, že pravděpodobnost rozdělení měřené veličiny je normální) může vyskytovat skutečná hodnota měřené veličiny a je vyjádřena vztahem

$$u(x_i) = \sqrt{u_A(x_i)^2 + u_B(x_i)^2}. [11][12] \quad (3.1.1.5)$$

Rozšířená nejistota – U je dána vztahem

$$U = k_u \cdot u(x_i), \quad (3.1.1.6)$$

kde k_u je koeficient rozšíření, který je dán typem rozdělení. Tento koeficient rozšíření udává, s jakou pravděpodobností měřená veličina bude ležet v daném intervalu. Rozdělení veličin může být rovnoměrné, trojúhelníkové, normální a lichoběžníkové. Nejpoužívanější rozdělení je normální (Gaussovo) rozdělení (obr.7).



Obr. 7 Gaussova křivka pro normální rozdělení naměřených hodnot

Pro pravděpodobnost 95,5% je koeficient rozšíření $k_u = 2$ a pro pravděpodobnost 99,7% je koeficient rozšíření $k_u = 3$. [11]

3.1.2 Nepřímé měření veličin

Často nelze hledanou veličinu zjistit přímo a je nutno ji získat z více přímo měřených veličin. Pokud je veličina y funkcí několika veličin x_i (nebo hodnot jedné

veličiny): $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, a známe nejistotu u_{x_i} každé z těchto veličin, lze nejistotu veličiny y vypočítat ze vztahu

$$u_y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x_1} u_{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2} u_{x_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_n} u_{x_n}\right)^2}. \quad (3.1.2.1)$$

Podmínkou je, že veličiny x_i mají normální (Gaussovo) rozdělení a není mezi nimi vzájemný vztah. [11]

3.2 Zdroje nejistot

Zdroji nejistot mohou být veškeré jevy, které nějakým způsobem ovlivňují neurčitost jednoznačného stanovení výsledku měření, a tím oddalují naměřenou hodnotu od hodnoty skutečné. Na standardní nejistoty působí výběr měřících přístrojů i dalších prostředků v celé trase přenosu signálu. Příkladem vlivů je nedokonalá nebo neúplná definice veličiny nebo její realizace; nevhodný výběr přístroje; nevhodný postup při měření; zjednodušení konstant a převzatých hodnot; linearizace, aproximace, interpolace nebo extrapolace při vyhodnocení; neznámé vlivy prostředí a další, které nelze všechny vyjmenovat.

Některé ze zdrojů se projevují výhradně nebo výrazněji v nejistotách vyhodnocovaných standardní nejistotou typu A, jiné lze do výpočtu zahrnout použitím standardní nejistoty typu B a mnohé mohou být příčinou obou těchto skupin. [10]

4 Stanovení vlivu nestandardních přítokových proudových poměrů před konstrukcí ostrohranného přelivu na jeho Q/H charakteristiku

4.1 Motivace

Stanovení vlivu nestandardních přítokových proudových poměrů před ostrohranným přelivem na jeho Q/H charakteristiku nebylo v dostupných pramenech dostatečně prostudováno a popsáno. Experimentální výzkum popsany v této diplomové práci je unikátní a bude přínosem pro praxi a v oblasti posuzování funkční způsobilosti měřicích systémů.

4.2 Cíle práce

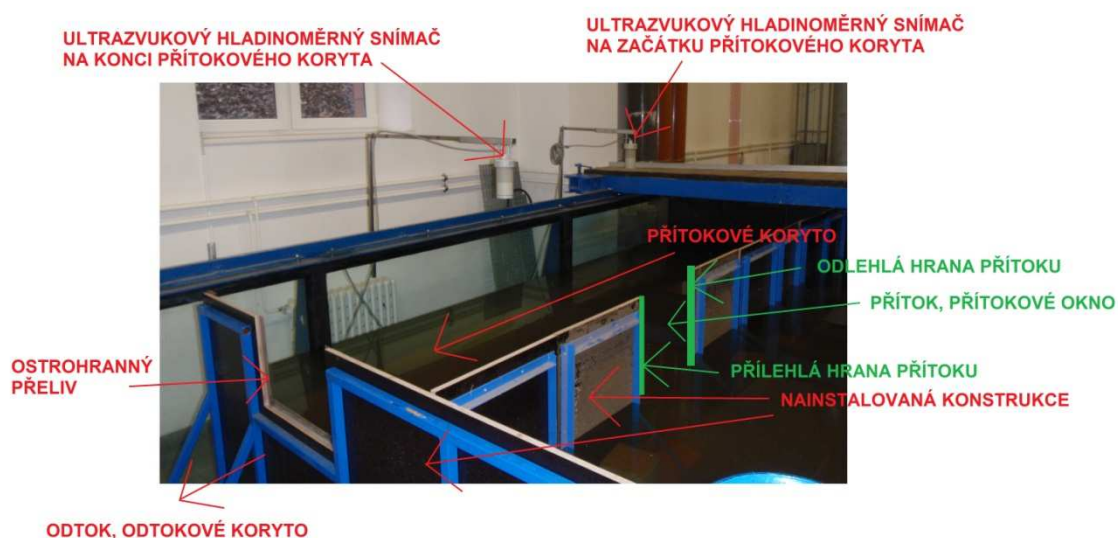
Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretickou část popisují kapitoly 2 a 3. Cílem praktické části je:

- nainstalovat ostrohranný přeliv a navrženou konstrukci do hydraulického žlabu laboratorního okruhu,
- provést měření na ostrohranném přelivu s obdélníkovým výřezem s možným vlivem protiproudě se realizujících nestandardních přítokových poměrů na jeho Q/H charakteristiku,
- zaznamenat a zdokumentovat postup měření,
- zpracovat a vyhodnotit získané hodnoty,
- kvantifikovat míru vlivu těchto proudových parametrů na hodnotu průtoku, resp. tvar a průběh Q/H charakteristiky,
- pro standardní proudové poměry porovnat naměřené hodnoty s vypočtenými hodnotami dle normy ČSN ISO 1438-1[8].

5 Experimentální část

Autorka této diplomové práce ve studijním roce 2011 v Laboratoři vodohospodářského výzkumu Ústavu vodních staveb Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně osobně provedla měření celkem 17 Q/H charakteristik jednoho měrného ostrohranného přelivu v podmínkách, kdy v prostoru přítokového koryta byly pro každou Q/H charakteristiku simulovány proměnné (nestandardní) proudové poměry.

Pro tento experiment byla navržena konstrukce, k úpravě rozměrů pro námi navržené varianty simulace nestandardních proudových poměrů. Do žlabu 24 byla napevno nainstalována konstrukce o šířce 2,4 m a výšce 0,9 m, která zkrátila přítokové koryto na námi navrženou délku 4,0 m. Do této konstrukce byl umístěn ostrohranný přeliv o šířce 0,4 m a výšce 0,3 m. Pro zúžení žlabu 24 na šířku 1,4 m bylo vyrobeno 11 mobilních boxů o šířce 0,5 m a výšce 0,9 m, které byly umístěny a upevněny dle jednotlivých navržených variant. Na obrázku 8 je patný žlab 24 s nainstalovanou konstrukcí.



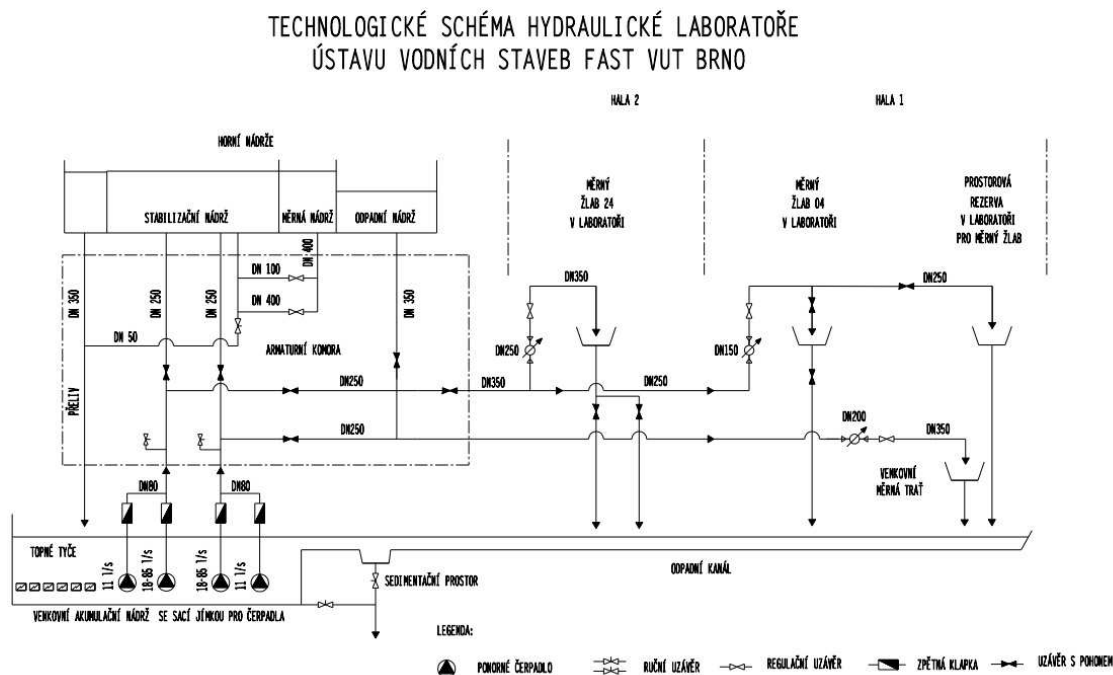
Obr. 8 Žlab 24 s nainstalovanou konstrukcí

5.1 Měřicí trať a technika

V této kapitole je popsáno zázemí laboratoře, hydraulický žlab, hydraulický okruh laboratoře, použitá měřicí technika a software ovládající hydraulický okruh.

5.1.1 Hydraulický okruh laboratoře

Hydraulický okruh vodohospodářské laboratoře je situován do budovy F. Na hydraulickém okruhu jsou instalována čtyři ponorná čerpadla odstředivého typu, dvě malá čerpadla čerpající 2 x 15 l/s spouštěna na přímo a dvě velká čerpadla s návrhovými průtoky 2 x 100 l/s, která jsou řízená měniči frekvence. Těmito čerpadly je čerpána voda z dolní nádrže a nerezovým rozvodným potrubím do žlabu 24 (obr. 9).

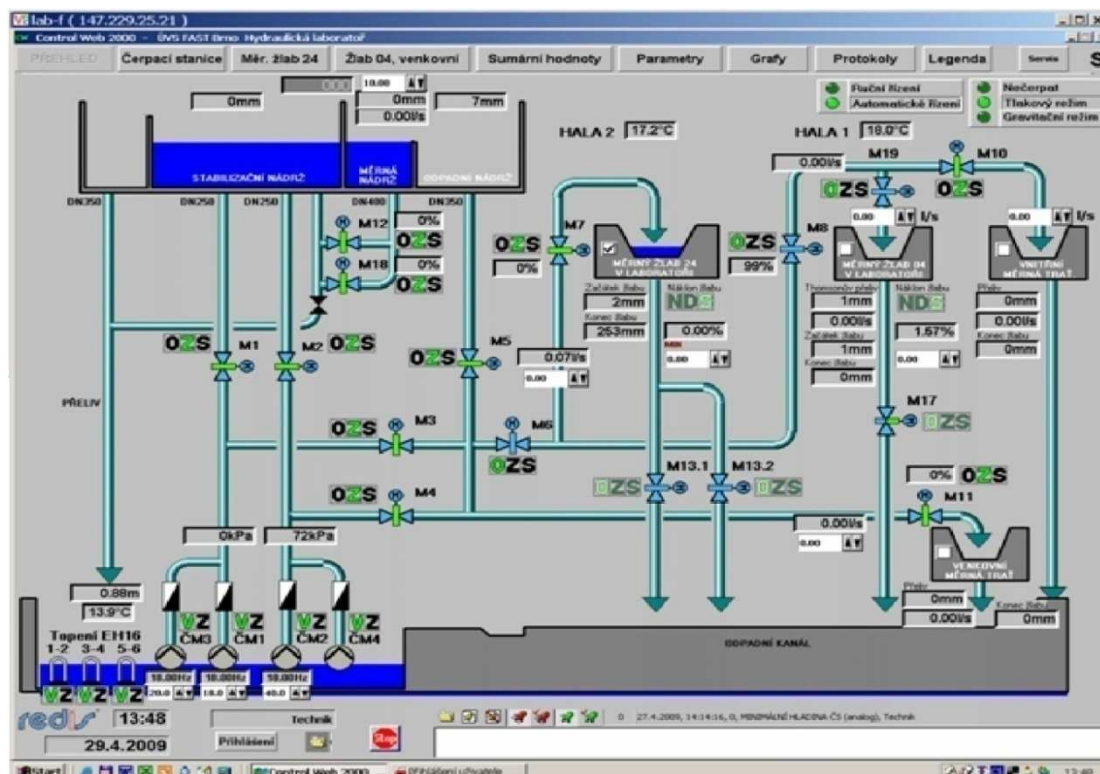


Obr. 9 Hydraulický okruh laboratoře

Veškeré ovládací armatury jako regulační šoupata a uzavírací klapky jsou osazeny servopohony a řízeny dálkově z velínu.

5.1.2 Řídicí systém laboratoře

Průtok je zadáván a regulován řídicím systémem laboratoře (obr. 10), jenž byl ovládán dálkově z přenosného počítače za pomoci softwaru VNCViewer. Průtok je měřen indukčním průtokoměrem umístěným na přítokovém potrubí do žlabu 24. Průtoky jsou v celém rozsahu zaručeně regulovatelné s citlivostí do 2 %. [12]



Obr. 10 Řídicí systém laboratoře

5.1.3 Popis hydraulického měrného žlabu

Hydraulický prosklený měrný žlab s označením 24 je délky 14,0 m, šířky 2,5 m a hloubky 0,9 m s možností nastavení sklonu betonového dna v rozmezí $(0 \div 6) \%$ s maximální průtočnou kapacitou 230 l/s. Pro účely experimentu byla do žlabu vložena konstrukce zužující a zkracující přítokové koryto na šířku 1,4 m a délku 4,0 m, za níž byl instalován měrný ostrohranný přeliv tak, jak je blíže popsáno později. Žlab je součástí velkého hydraulického okruhu vodohospodářské laboratoře (obr. 11).



Obr. 11 Celkový pohled na laboratorní žlab 24

5.1.4 Popis použité techniky

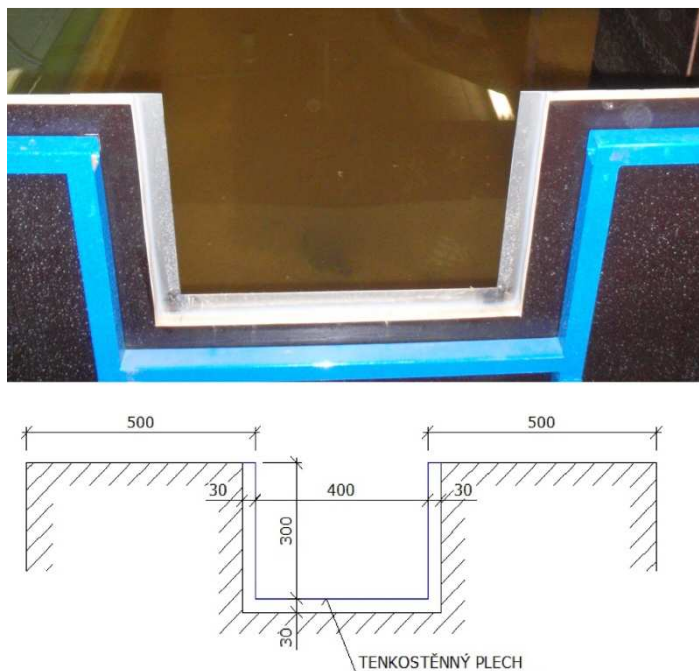
Pro zadávání požadovaného čerpaného množství do měrného žlabu bylo použito programu ReTOW a počítačového softwaru VNCViewer. Pro měření úrovně hladiny vody při zadaném průtoku bylo použito dvou hladinoměrných snímačů ultrazvukového typu (obr. 12).



Obr. 12 Fotografie hloubkoměrného ultrazvukového snímače

5.2 Popis experimentální měrné tratě

Nainstalovaný ostrohranný přeliv je obdélníkového výřezu s bočním zúžením (obr. 13) o výšce 0,3 m a šířce přelivu 0,4 m a celkové šířce přítokového koryta 1,4 m. Ostrohranný přeliv je zhotoven z tenkostěnného plechu tl. 1,2 mm.



Obr. 13 Nainstalovaný ostrohranný přeliv

Při volbě rozměrů přelivu a přítokového koryta bylo třeba přihlédnout ke všem okrajovým podmínkám uvedených v ČSN ISO 1438-1 [8], aby bylo později možné konfrontovat výsledky získané experimentem se vztahy uvedenými normou. Tyto okrajové podmínky pro jednotlivé vztahy uvedené normou jsou uvedeny v kapitole 2.1. Pro námi navržený ostrohranný přeliv s obdélníkovým výřezem s bočním zúžením platí následující hodnoty:

$$\frac{h}{p} = 0,204, h = 0,30 \text{ m}, b = 0,40 \text{ m}, p = 0,49 \text{ m}, \frac{b}{B} = 0,286. \quad (5.2.1)$$

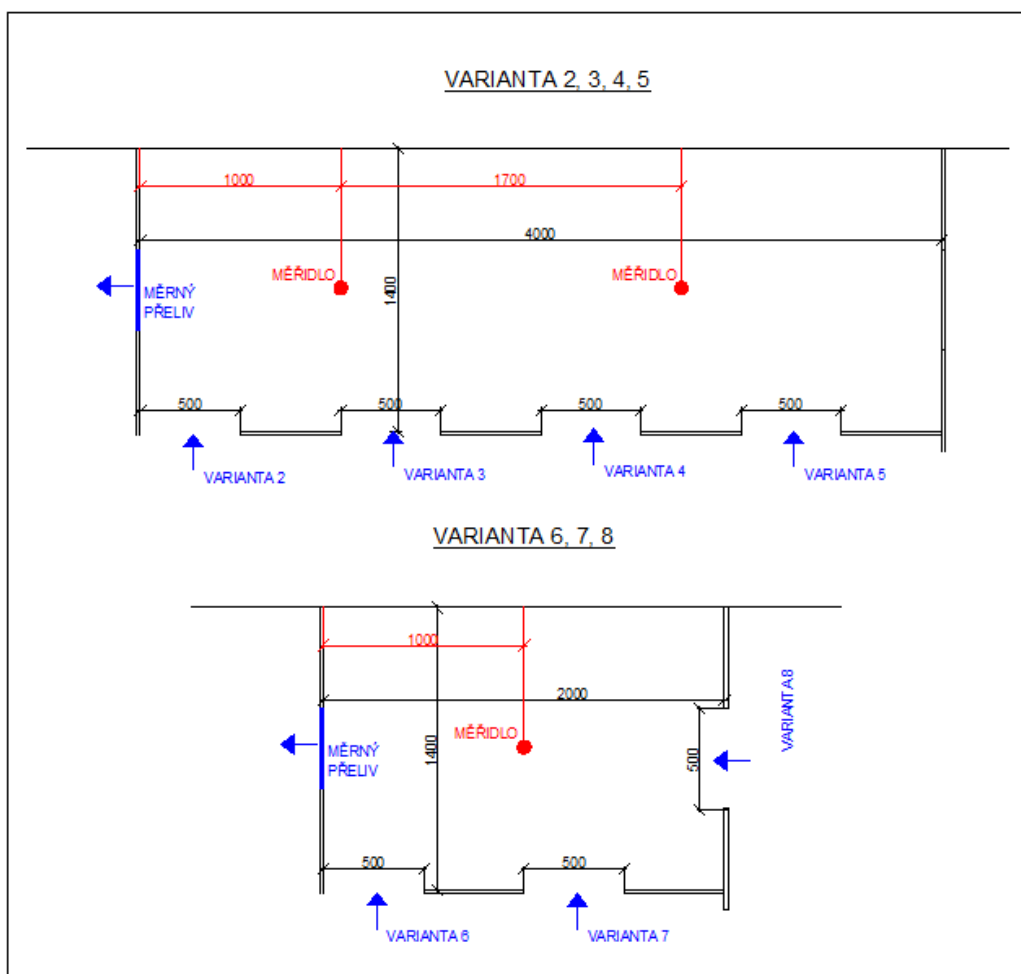
Tyto hodnoty navrženého ostrohranného přelivu a přítokových poměrů před ním (5.2.1) splňují okrajové podmínky uvedené výše (2.1.4), (2.1.6), (2.1.10) a (2.1.13).

5.3 Popis experimentu

Jak je výše uvedeno, byla do žlabu 24 nainstalována konstrukce upravující rozměry přítokové koryty. Experiment je rozdělen do tří samostatných sérií, kde každá nainstalovaná konstrukce má jiné rozměry, které jsou dále popsány.

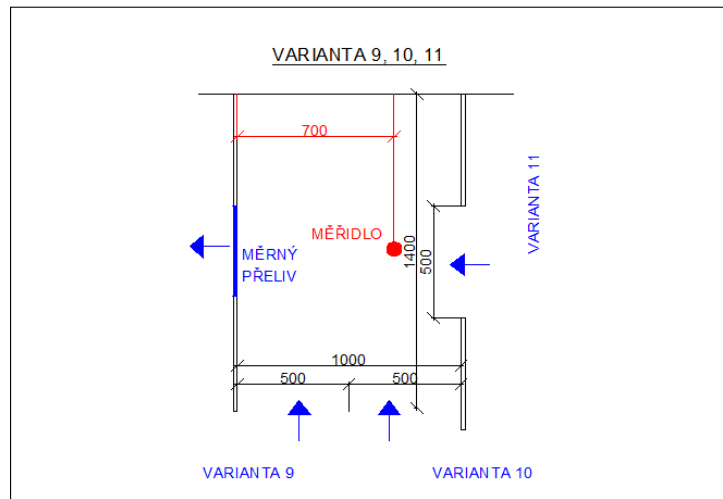
První série měření je tvořena 8 variantami přítoku do žlabu. Přítokové koryto pro variantu 2, 3, 4 a 5 je o délce 4,0 m a šířce 1,4 m a pro variantu 6, 7 a 8 je o délce 2,0 m

a šířce 1,4 m. Přítok je zde navržen jako boční levostranný s obdélníkovým výřezem s výjimkou varianty 8, kde se jedná o přímý nátok na ostrohranný přeliv. Přítok je řešen na celou výšku přítokového koryta (tedy ode dna) a šířku 0,5 m. Ultrazvukové hladinoměrné snímače jsou umístěny v podélné rovině symetrie přítokového koryta ve vzdálenostech 1 m, resp. 2,7 m od ostrohranného přelivu (obr. 14).



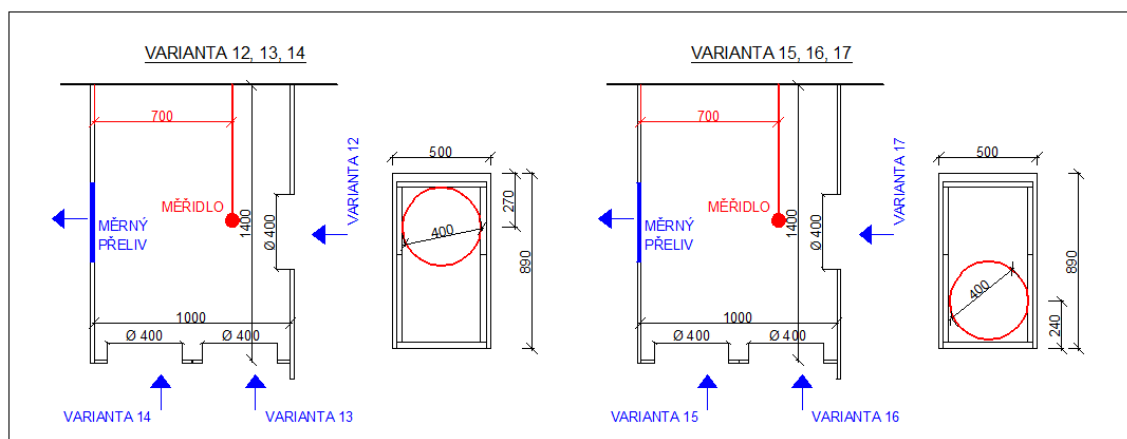
Obr. 14 První série měření

Druhá série měření je tvořena 3 variantami přítokového koryta o délce 1,0 m a šířce 1,4 m. Přítoky pro varianty 9 a 10 jsou zde navrženy jako boční levostranný a přítok varianty 11 jako přímý nátok na ostrohranný přeliv. Přítok je jako u předešlé série měření řešen jako obdélníkový s šířkou 0,5 m a výškou ode dna s různou vzdáleností od ostrohranného přelivu. Ultrazvukový hladinoměrný snímač je umístěn v podélné rovině symetrie přítokového koryta ve vzdálenosti 0,7 m od ostrohranného přelivu (obr. 15).



Obr. 15 Druhá série měření

Třetí série měření je tvořena 6 variantami úprav přítokového koryta o délce 1,0 m a šířce 1,4 m. Všechny přítoky jsou řešeny instalací přítokového potrubí o průměru 0,4 m, kde u varianty 12, 13 a 14 je umístěno v horní části stěny přítokového koryta a u varianty 15, 16 a 17 je umístěno do spodní části stěny přítokového koryta. Volba polohy přítokového potrubí tak bude způsobovat rozdílné proudové poměry protiproudě před přelivem. Varianty 12, 13, 15 a 16 jsou navrženy jako boční levostranný přítok a varianty 12 a 17 jako „přímé“ nátoky na ostrohranný přeliv. Ultrazvukový hladinoměrný snímač je umístěn v podélné rovině symetrie přítokového koryta ve vzdálenosti 0,7 m od ostrohranného přelivu (obr. 16).

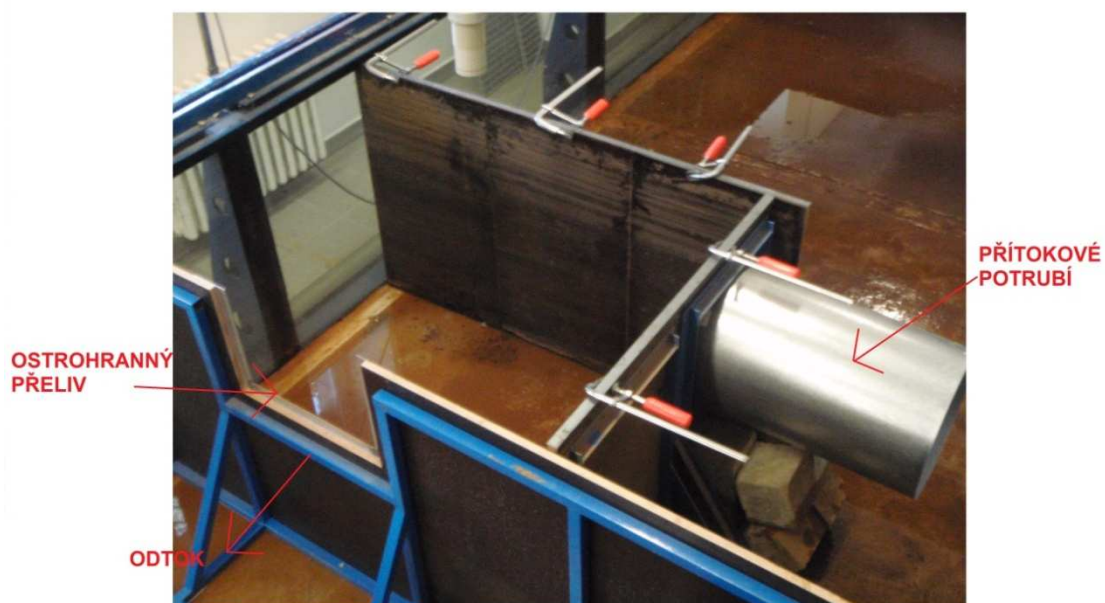


Obr. 16 Třetí série měření

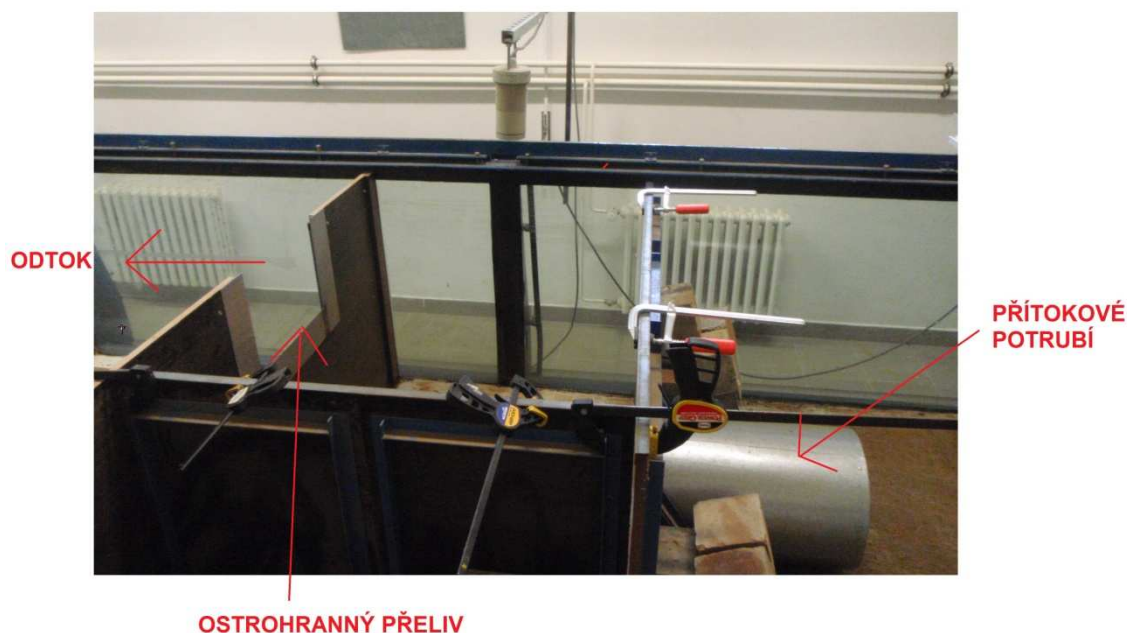
Ukázky nainstalované konstrukce pro některé z posuzovaných variant (obr. 17, obr. 18, obr. 19).



Obr. 17 Úprava žlabu 24 pro variantu 8



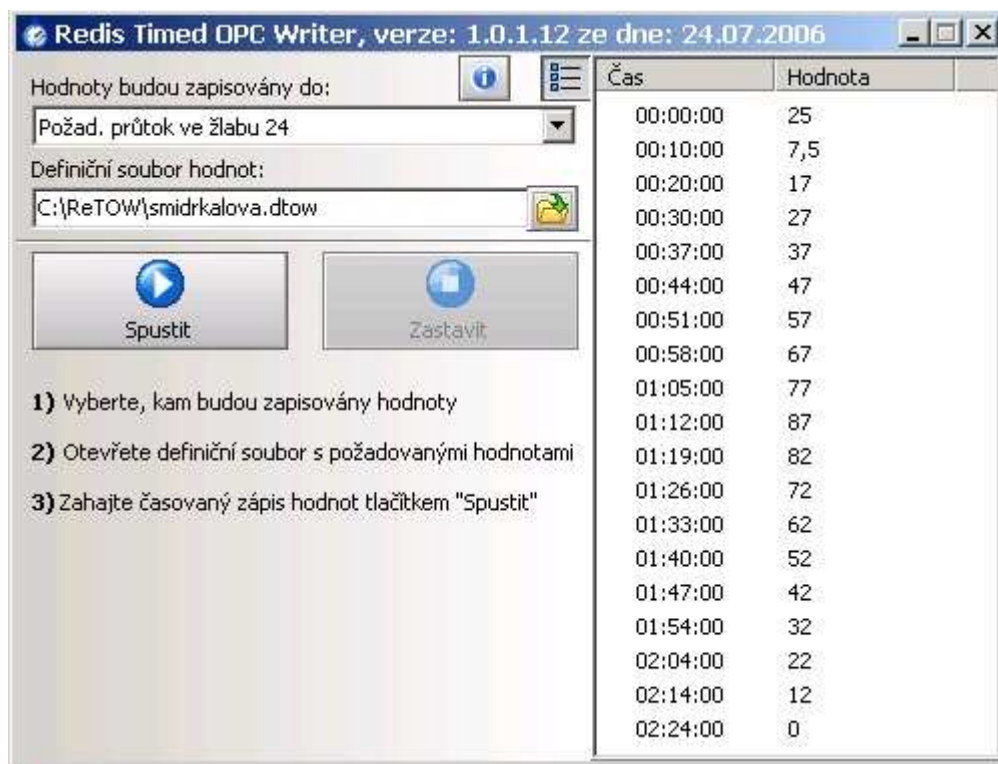
Obr. 18 Úprava žlabu 24 pro variantu 13



Obr. 19 Úprava žlabu 24 pro variantu 17

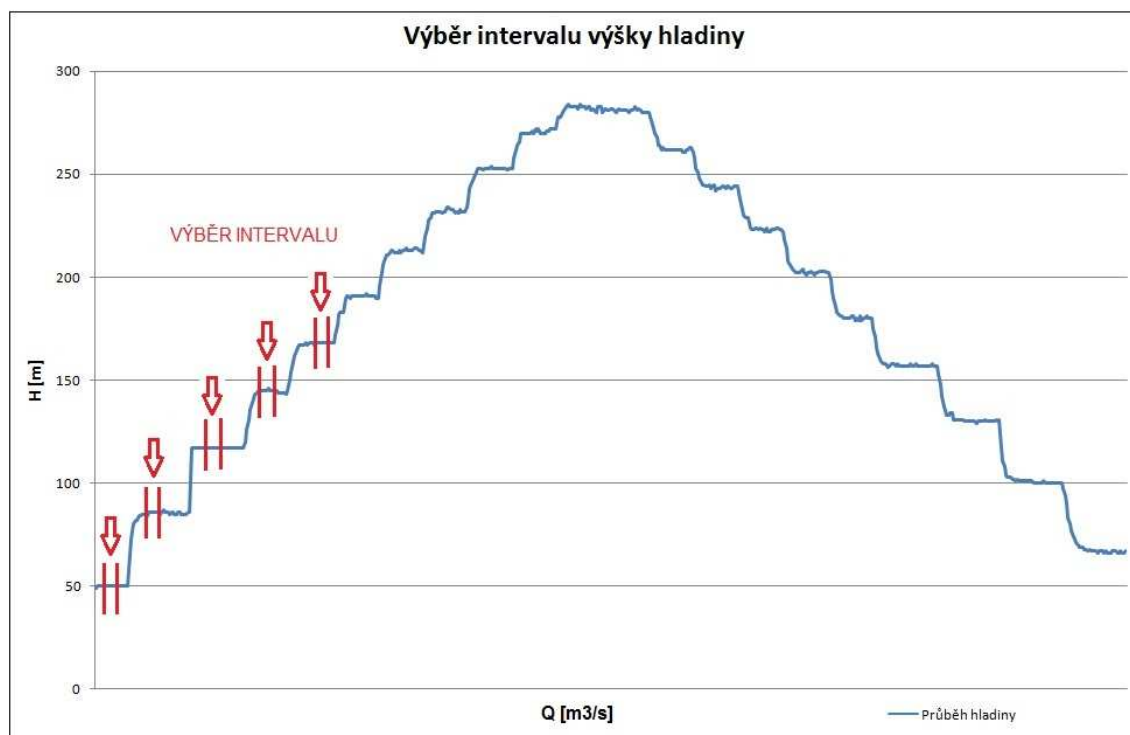
5.4 Postup měření

Měření bylo provedeno pro všechny navržené přítokové varianty obr. 12, obr. 13 a obr. 14. U všech variant byla měřena přepadová výška při průtocích (7,5; 12; 17; 22; 27; 32; 37; 42; 47; 52; 57; 62; 67; 72; 77; 82; 87; 92; 97; 102 a 105) l/s. Před zahájením experimentu byly na žlabu nainstalovány ultrazvukové hladinoměrné snímače, a to ve vzdálenosti 1 m (na konci přítokového koryta) a 2,7 m (na začátku přítokového koryta) od ostrohranného přelivu u variant 2, 3, 4, 5, 6, 7 a 8 a ve vzdálenosti 0,7 m (na konci přítokového koryta) a 2,7 m (na začátku přítokového koryta) od přelivu pro varianty 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 a 17. Měření bylo provedeno od nejnižšího průtoku vzestupně přes liché hodnoty průtoků a poté sestupně přes sudé. Tento postup měření byl zvolen pro minimalizaci, resp. odhalení možného vzniku postupně narůstající systematické chyby měřené veličiny tzv. driftu, ke kterému by mohlo dojít při měření „v jednom směru“. Pro zadávání průtoků byl použit program ReTOW, který automaticky měnil průtok žlabem v zadaných časových intervalech (obr. 20).



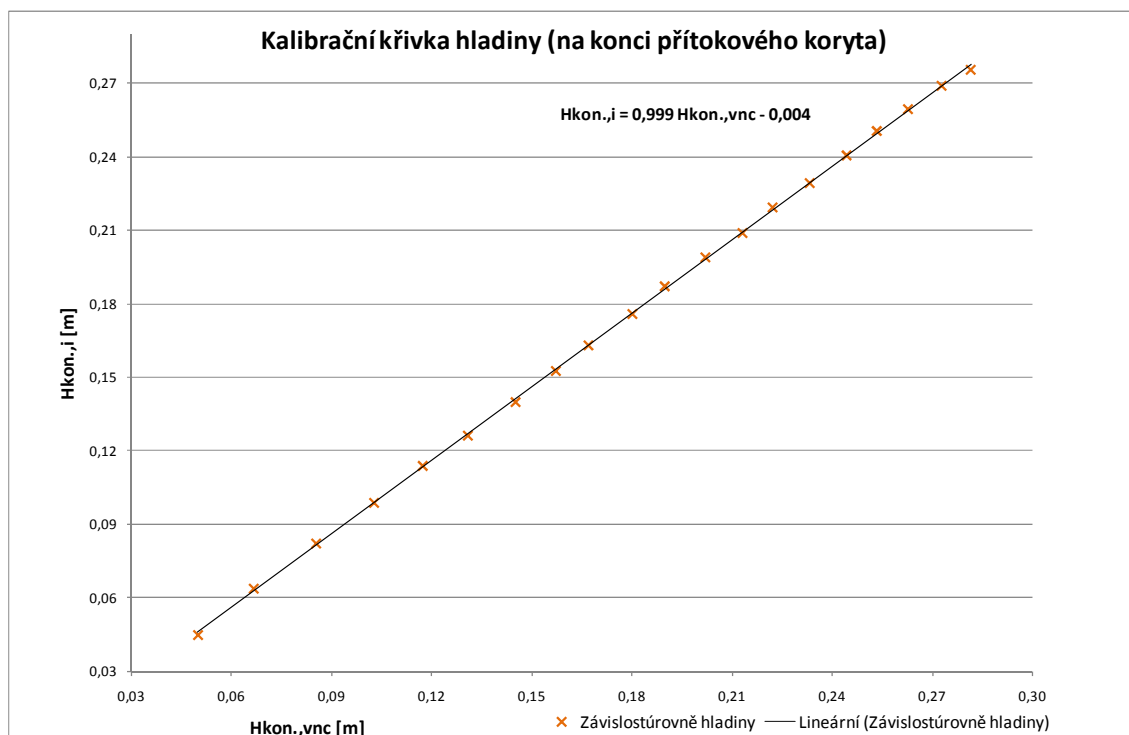
Obr. 20 Fotografie programu ReTOW

Pomocí programu ovládajícího laboratoř byly měřené hodnoty přepadové výšky a průtoku zaznamenávány do souboru v intervalech po 15 sekundách. Pro další zpracování naměřených hodnot a dosažení dostatečné přesnosti bylo z takto zaznamenaného souboru vybráno pro každý průtok 10 hodnot v časovém intervalu 2,5 minuty (graf 1).

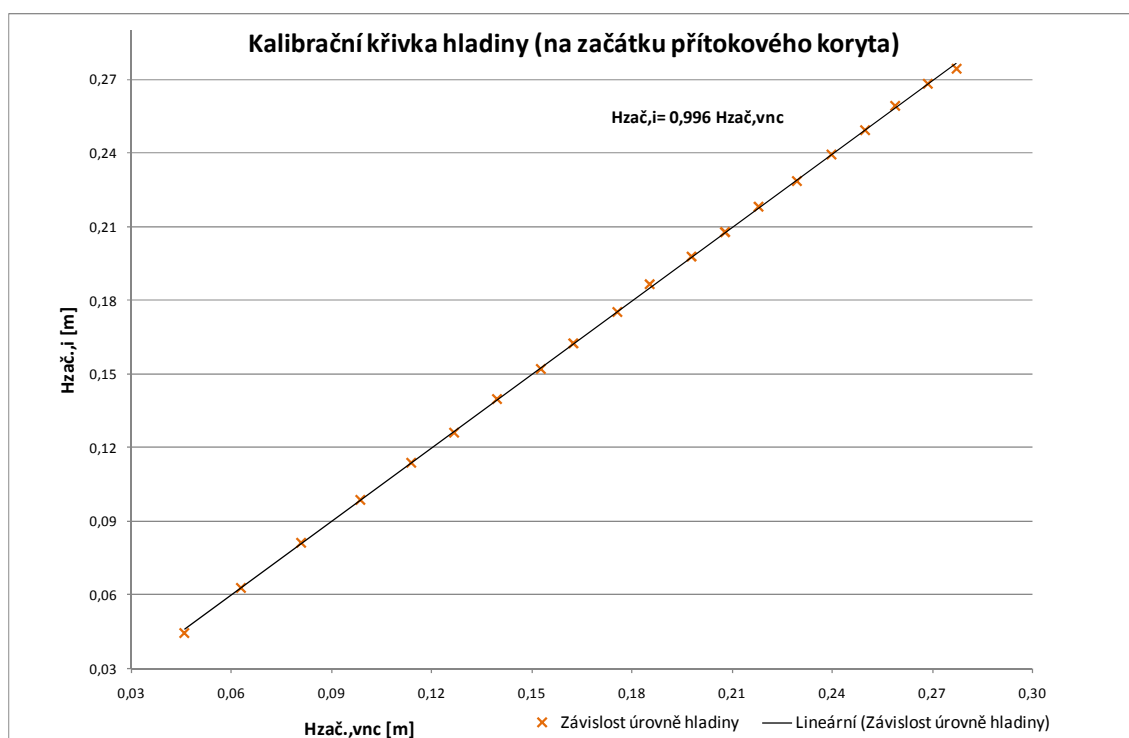


Graf 1 Výběr intervalu dat

Z důvodu kalibrace měření bylo na ostrohranném přelivu s obdélníkovým výřezem se standardními přítokovými poměry provedeno měření přepadové výšky na začátku i na konci přítokového koryta ultrazvukovým hladinoměrným snímačem a hrotovým měřidlem a měření aktuálního průtokového množství pomocí indukčního průtokoměru. Z těchto dat byla vytvořena kalibrační křivka hloubek a kalibrační křivka průtoků. Kalibrační křivka hloubek vyjadřuje závislost hodnot z hrotového měřidla (skutečných) na hodnotách z ultrazvukového hladinoměrného snímače, resp. na hodnotách vykazovaných systémem laboratoře (graf 2, graf 3).

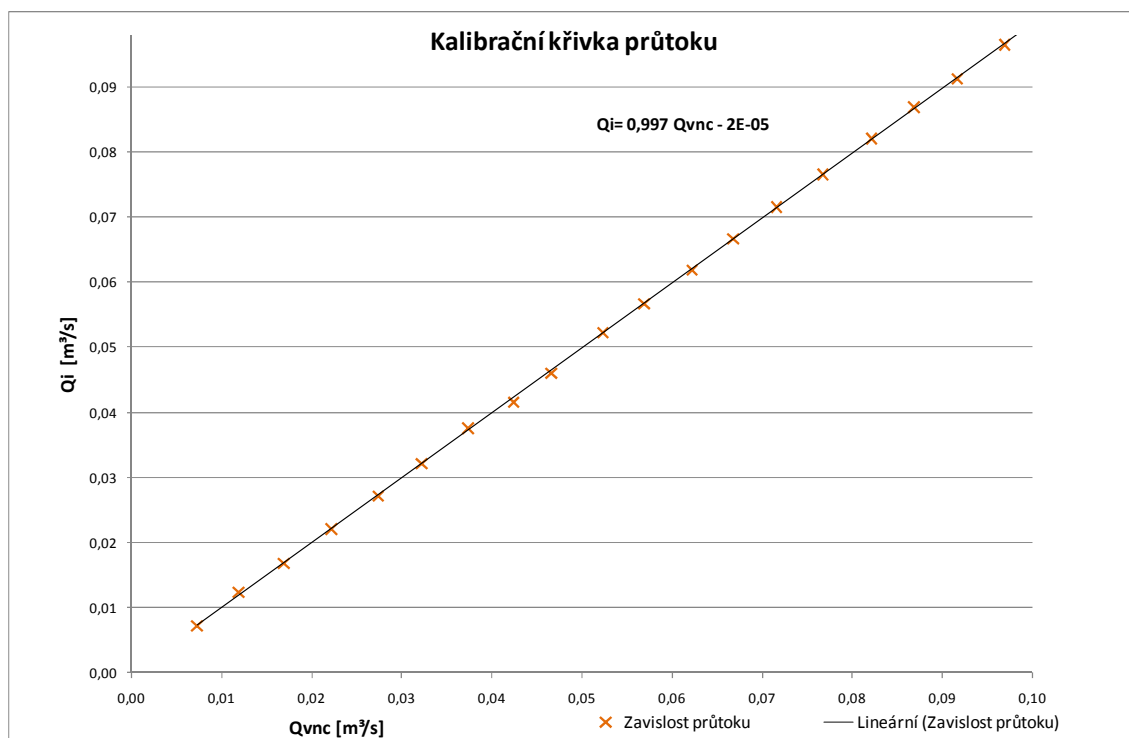


Graf 2 Kalibrační křivka hladiny (na konci přítokového koryta)



Graf 3 Kalibrační křivka hladiny (na začátku přítokového koryta)

Kalibrační křivka průtoku vyjadřuje závislost hodnot z indukčního průtokoměru na záznamu hodnot z počítače (graf 4). Pro tyto kalibrační křivky byly vyjádřeny i matematické vztahy. Těmito vztahy byly přepočteny veškeré hodnoty, jež byly z řídicího systému laboratoře přebírány.



Graf 4 Kalibrační křivka průtoku

Dle postupu výše popsaného byly nejprve vyjádřeny matematické vztahy závislostí přepadových výšek a průtočného množství. Tyto matematické vztahy byly vyjádřeny pomocí rovnice pro lineární závislosti mezi hodnotou naměřenou a hodnotou přebranou ze systému. Pro přepočet přepadové výšky na začátku přítokového koryta byl použit následující vztah

$$H_{zač,i} = 0,996 \cdot H_{zač,vnc} , \quad (5.3.1)$$

kde $H_{zač,vnc}$ je hodnota přepadové výšky na začátku přítokového koryta přebraná ze systému a $H_{zač,i}$ je přepočtená skutečná hodnota přepadové výšky na začátku přítokového koryta. Hodnota $H_{zač,vnc}$ byla použita pro kontrolu měření, jelikož přepadová výška na začátku přítokového koryta nebyla ovlivňována vzdáleností ultrazvukového hladinoměrného snímače od ostrohranného přelivu a simulovanými

proudovými poměry. Vztah (5.3.1) byl použit pro všechny popisované varianty přítokových proudových poměrů. Pro přepočtení výšky na konci přítokového koryta byly použity následující vztahy

$$H_{kon,i} = 0,999 \cdot H_{kon,vnc,1-8} - 0,004, \quad (5.3.2)$$

$$H_{kon,i} = 1,01419427 \cdot H_{kon,vnc,9-17} - 0,0089, \quad (5.3.3)$$

kde $H_{kon,vnc,1-8}$, $H_{kon,vnc,9-17}$ je hodnota přepadové výšky na konci přítokového koryta přebraná ze systému a $H_{kon,i,1-8}$, $H_{kon,i,9-17}$ je přepočtená hodnota přepadové výšky na konci přítokového koryta. Vztah (5.3.2) byl použit pro varianty 1 až 8, kde vzdálenost ultrazvukového hladinoměrného snímače od ostrohranného přelivu činila 1,7 m a vztah (5.3.3) pro varianty 9 až 17, kde vzdálenost ultrazvukového hladinoměrného snímače od ostrohranného přelivu byla 0,7 m z důvodu zmenšení prostoru před ostrohranným přelivem. Pro přepočtení průtočného množství byl použit následující vztah

$$Q_i = 0,997 \cdot Q_{vnc} - 2 \cdot 10^{-5}, \quad (5.3.4)$$

kde Q_{vnc} je hodnota průtočného množství přebraná ze záznamu v počítači a Q_i je přepočtená hodnota průtočného množství. Vztah (5.3.4) byl použit pro všechny popisované varianty přítokových proudových poměrů.

5.5 Zpracování naměřených hodnot

Dle kapitoly 5.4 byly přepočteny veškeré naměřené hodnoty přepadových výšek i průtočného množství. Takto upravené (kalibrované) hodnoty byly použity dále. Další zpracování přepočtených hodnot byla provedena pro všechny popisované varianty přítokových proudových poměrů. Přepočtené hodnoty průtočného množství a přepadové výšky zaznamenané v tabulce byly vyneseny do grafu - Q/H charakteristiky. Stanovení Q/H charakteristik, tedy proložení regresních odhadů přepočtenými hodnotami bodů, bylo použito metody nejmenších čtverců. Do Q/H charakteristiky byla vynesena regresní křivka a pro ni vynesena regresní průtok $Q_{i,reg}$ dle následujícího vztahu

$$Q_{i,reg} = A \cdot (H_{kon,i} + C)^B + D, \quad (5.3.5)$$

kde A, B, C, D jsou koeficienty, které jsou závislé na tvaru měrného přelivu a proudových okrajových podmínkách. Koeficienty A, B, C a D byly hledány tak,

aby bylo dosaženo minima S_O ve smyslu rovnice (5.3.7). V metodě nejmenších čtverců se jako kritérium „přiléhavosti“ uvažuje součet čtverců reziduí, tedy

$$S_O = \sum_{i=1}^n [Q_i(H_{kon,i}) - Q_{r,i}(H_{kon,i})]^2, \quad (5.3.6)$$

s podmínkou, že

$$S_O \rightarrow \min. \quad (5.3.7)$$

Toto kritérium „přiléhavosti“ bylo použito i pro výpočet směrodatné odchylky, která určuje míru odchýlení jednotlivých naměřených hodnot od vypočteného regresního odhadu

$$s = \sqrt{\frac{S_O}{n-p}}, \quad (5.3.8)$$

kde n je počet měření a p je počet parametru regresí (koeficienty A, B, C, D).

5.6 Dosažené výsledky

Pro ostrohranný přeliv s obdélníkovým výřezem se standardními přítokovými poměry, dále uváděn jako varianta 1, bylo průtočného množství Q pro porovnání s průtočným množstvím $Q_{i,reg}$, označováno jako Q_{ideal} , vypočten i dle vztahů (2.1.1), (2.1.4), (2.1.5) a (2.1.8), které jsou uvedeny v normě ČSN ISO 1438-1.

Hodnoty průtoku Q dle výše uvedených vztahů jsou zobrazeny v následující tabulce 1 (příloha 1).

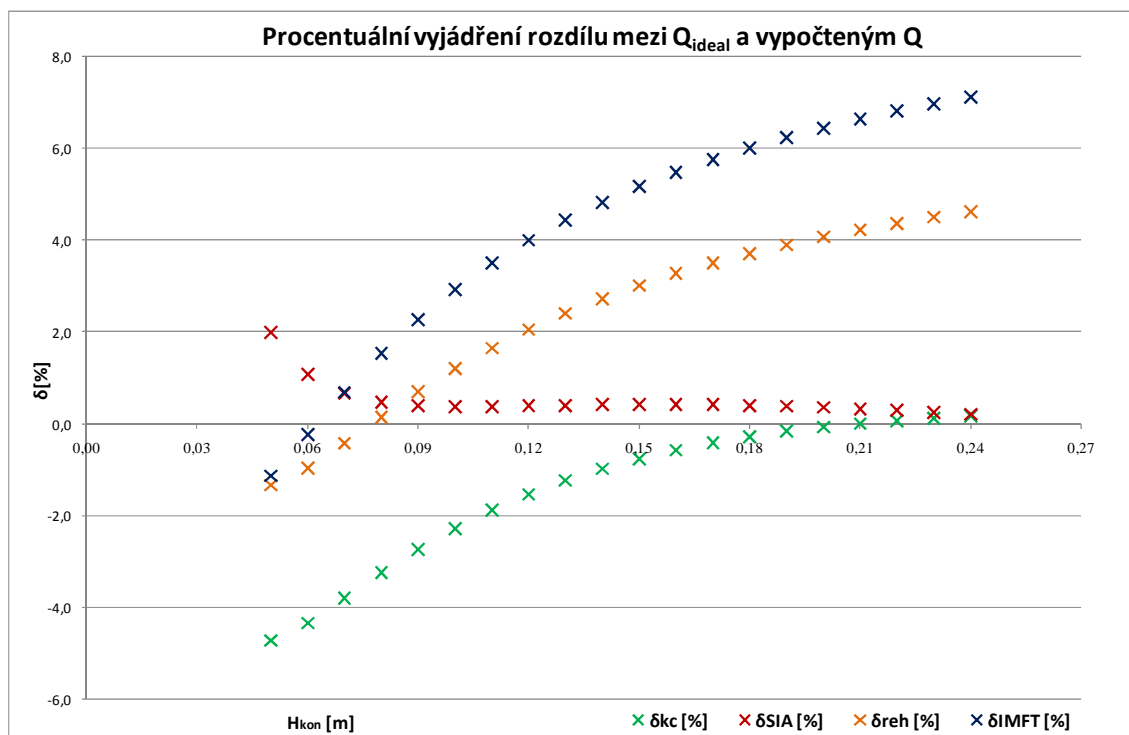
Přepadová výška	Regresní přepadové množství	Vztah KINDSVATER A CARTER	Vztah SIA	Vztah dle REHBOCKŮV	Vztah IMFT
$H_{kon,i}$ [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]
0,0500	0,0084	0,0080	0,0086	0,0083	0,0083
0,0600	0,0109	0,0105	0,0111	0,0108	0,0109
0,0700	0,0137	0,0132	0,0137	0,0136	0,0138
0,0800	0,0166	0,0160	0,0166	0,0166	0,0168
0,0900	0,0196	0,0191	0,0197	0,0198	0,0201
0,1000	0,0228	0,0223	0,0229	0,0231	0,0235
0,1100	0,0262	0,0257	0,0263	0,0266	0,0272
0,1200	0,0297	0,0293	0,0298	0,0303	0,0310
0,1300	0,0334	0,0330	0,0335	0,0342	0,0349
0,1400	0,0372	0,0368	0,0373	0,0382	0,0391
0,1500	0,0411	0,0408	0,0413	0,0424	0,0434
0,1600	0,0452	0,0449	0,0454	0,0467	0,0478
0,1700	0,0494	0,0492	0,0496	0,0512	0,0524
0,1800	0,0537	0,0536	0,0539	0,0558	0,0571
0,1900	0,0582	0,0581	0,0584	0,0605	0,0620
0,2000	0,0627	0,0627	0,0630	0,0654	0,0671
0,2100	0,0674	0,0674	0,0676	0,0704	0,0722
0,2200	0,0722	0,0723	0,0724	0,0755	0,0775
0,2300	0,0771	0,0772	0,0773	0,0808	0,0829
0,2400	0,0822	0,0823	0,0823	0,0862	0,0885

Tab. 1 Porovnání hodnot průtočného množství Q_{ideal} a Q určených dle vztahů jiných autorů

Pro výpočet procentuálního rozdílu regresního průtočného množství Q_{ideal} a vypočteného průtočného množství $Q_{ČSN}$ byl použit následující vztah

$$\delta = \frac{Q_{ČSN} - Q_{ideal}}{Q_{ČSN}} \cdot 100\%. \quad (5.3.9)$$

Veškeré hodnoty δ jsou uvedeny v příloze 1. Zde uvádíme pouze grafické znázornění procentuálního rozdílu δ .



Graf 5 Procentuální vyjádření rozdílu mezi Q_{ideal} a vypočteným Q

Na grafu 5 je zřejmé, že největší procentuální rozdíl mezi jednotlivými rozdíly průtočného množství je dle vztahu IMFT, kdy s nárůstem přepadové výšky narůstá procentuální rozdíl. Procentuální rozdíl dle vztahu IMFT a Rehbocka mají podobný průběh, kdy při přepadové výšce vody pod 0,06 m se pohybuje v záporných hodnotách okolo -1% a při úrovni nad 0,06 m se pohybuje v hodnotách kladných v rozmezí od 5% do 7%. Procentuální rozdíl průtočného množství dle vztahu Kindsvatera a Cartera se s narůstající úrovní hladiny vody blíží k hodnotám 0%. Nejmenší rozdíly hodnot lze očekávat při použití vztahu SIA, kde procentuální rozdíl při přepadové výšce nad 0,06 m nepřekročí hodnotu 0,5%.

V kapitole 2.1 byly uvedeny možnosti výpočtu průtočného množství Q s okrajovými podmínkami zvoleného přelivu. Za předpokladu splnění okrajových podmínek, je vhodné pro případy, kdy nelze provést přímé měření průtočného množství v terénu, provést výpočet dle vztahu SIA, který se svými výsledky nejvíce přibližuje k naměřeným hodnotám.

Pro varianty 2 až 17 byl výpočet procentuálního rozdílu regresního průtočného množství Q_{ideal} a regresního průtočného množství pro danou variantu $Q_{i,reg}$ stanoven analogicky dle následujícího vztahu

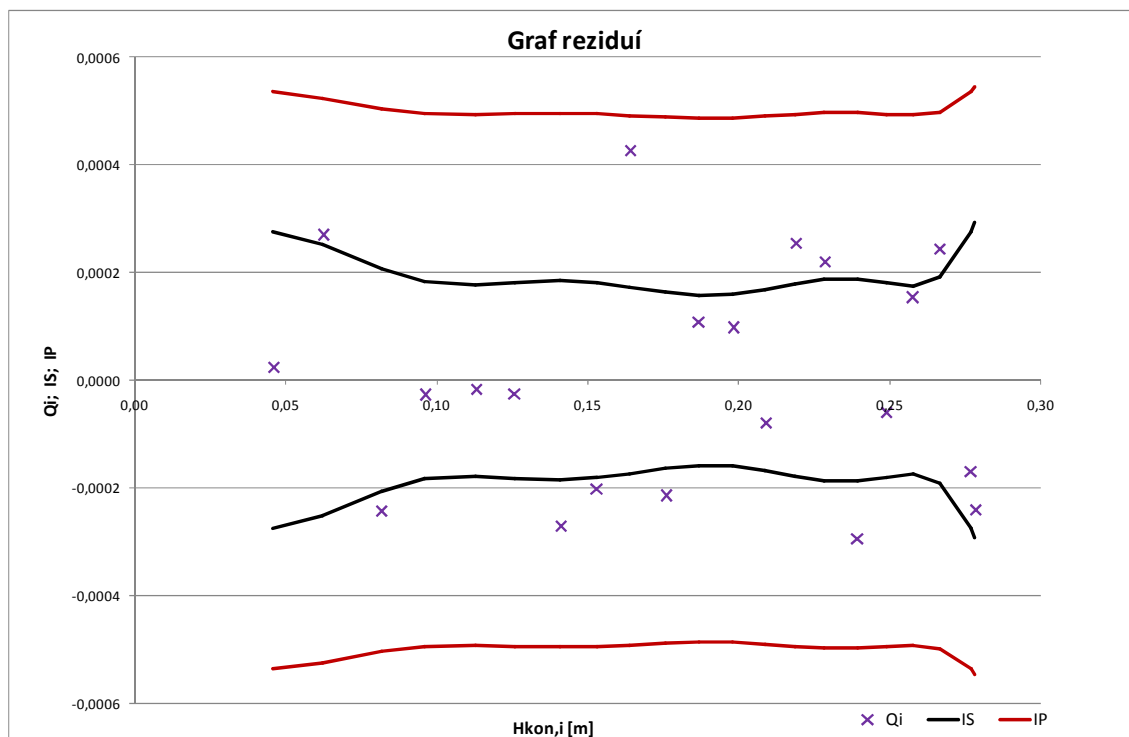
$$\delta = \frac{Q_{i,reg} - Q_{ideal}}{Q_{i,reg}} \cdot 100\%. \quad (5.3.10)$$

Všechny získané hodnoty byly pro srovnání vyneseny do grafů.

Celkové výstupy zpracování měření a grafy pro všechny varianty 1 až 17 jsou v přílohách 3 až 19.

5.7 Výpočet nejistot měření

Z intervalových odhadů střední funkční hodnoty je zkonstruován pás spolehlivosti pro střední funkční hodnoty a pás spolehlivosti pro individuální hodnoty (graf 6).



Graf 6 Graf reziduí s vyznačenými pásy spolehlivosti (příloha 20)

Na grafu 6 je znázorněn pás spolehlivosti pro střední funkční hodnoty regresní funkce na hladině spolehlivosti 95%, označení IS, pás spolehlivosti pro individuální hodnoty

rozptylu reziduí na hladině spolehlivosti 95%, označení IP a rozdíl regresního průtočného množství $Q_{i,reg}$ a průtočného množství Q_i , označení Q_i .

Dle kapitoly 3 je zřejmé, že měřená data i z nich vypočtené hodnoty, resp. dosažená Q/H charakteristika jsou zatíženy řadou nejistot. Proto bylo třeba k variantě 1 určit velikost nejistoty, tj. přesnost s jakou byla tato námi nazvaná „ideální“ charakteristika určena. Pokud budeme znát pásmo v jakém lze s velkou pravděpodobností očekávat výsledky měření v blízkosti stanovené charakteristiky, lze následně posoudit zda odchylky určené ve smyslu vztahu (5.3.10) mohou být brány za relevantní či nikoliv. Zda jsou tedy pod vlivem možných zdrojů nejistot nebo jsou způsobeny právě nestandardními přítokovými poměry.

V tomto experimentu jsou nejistoty způsobeny nejistotou měření indukčního průtokoměru $u_{Q,LAB}$, nejistotou ve stanovení přepadové výšky u_{Hkon} a nejistotou odhadu střední funkční hodnoty regresní funkce $u_{křivka(IS)}$. Všechny tyto nejistoty byly vypočteny na hladině pravděpodobnosti 95%. Nejistota $u_{křivka(IS)}$ byla vypočtena programem Statistika. Program Statistika je komplexní systém obsahující prostředky pro správu dat, jejich analýzu a poskytuje široký výběr základních i pokročilých technik speciálně vyvinutých pro vytěžování dat, vědu a inženýrské aplikace. Nejistota $u_{Q,LAB}$ byla převzata z kalibračního listu indukčního průtokoměru. Nejistota u_{Hkon} byla vypočtena následovně

$$u_{Hkon} = \frac{\partial Q}{\partial H_{kon,i}} \cdot s_{H_{kon,i}}, \quad (6.4.1)$$

kde parciální zlomek je vyjádřen vztahem

$$\frac{\partial Q}{\partial H_{kon,i}} = A \cdot B \cdot (H_{kon,i} + C)^{B-1}, \quad (6.4.2)$$

a $s_{H_{kon,i}}$ je vyjádřena vztahem

$$s_{H_{kon,i}} = 2 \cdot \frac{Z_{max}}{3}, \quad (6.4.3)$$

kde Z_{max} je maximální možná odchylka, jež byla ze zkušeností a z pohledu technických možností použitého hladinoměrného snímače zvolena o hodnotě 1,0 mm. Dosazením vztahů (6.4.2) a (6.4.3) do vztahu (6.4.1) získáme

$$u_{Hkon} = A \cdot B \cdot (H_{kon,i} + C)^{B-1} \cdot 2 \cdot \frac{Z_{max}}{3}. \quad (6.4.4)$$

Celková nejistota u_Q se vypočte dle vztahu

$$u_Q = \sqrt{u_{křivka(IS)}^2 + u_{Q,LAB}^2 + u_{Hkon}^2}, \quad (6.4.5)$$

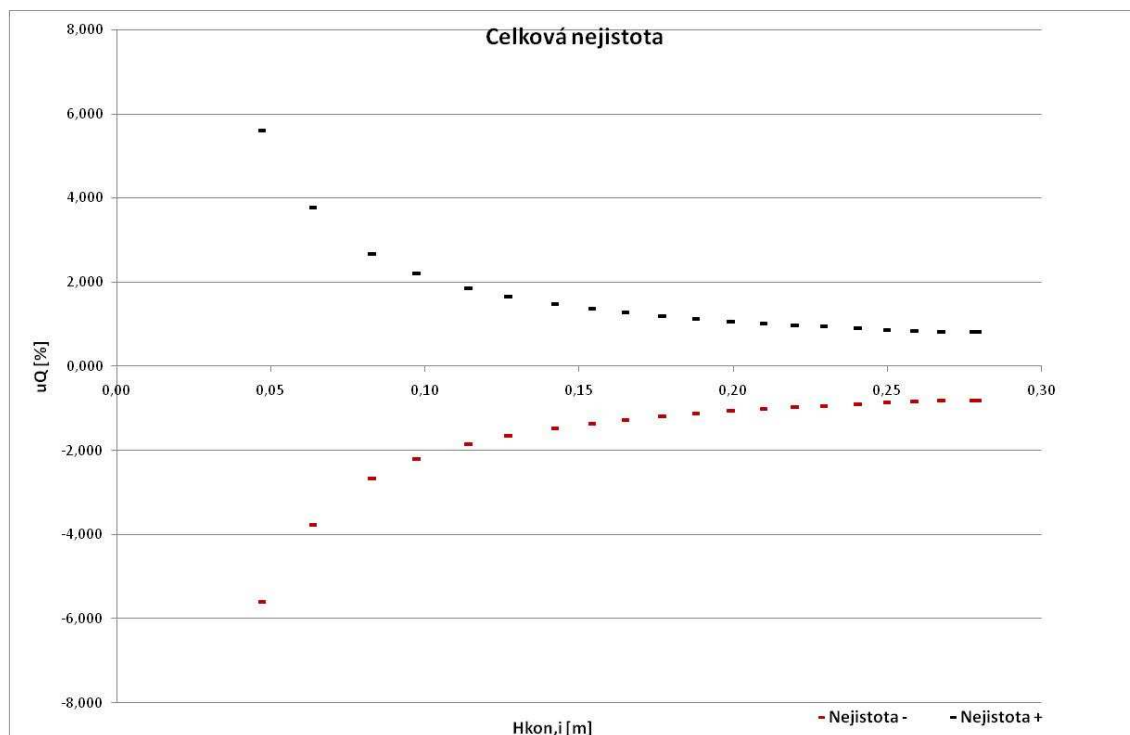
a má okolo měřené veličiny symetrické rozložení.

Veškeré vypočtené hodnoty nejistoty jsou uvedeny v tabulce 2.

H_{kon,i} [m]	NEJISTOTY v %				
	u křivka	u lab	u_{Hkon}	u_Q	
0,0460	3,6026	0,3	4,2699	5,595	-5,595
0,0624	2,1640	0,3	3,0849	3,780	-3,780
0,0816	1,2189	0,3	2,3520	2,666	-2,666
0,0960	0,8578	0,3	2,0029	2,199	-2,199
0,1129	0,6570	0,3	1,7093	1,856	-1,856
0,1259	0,5735	0,3	1,5377	1,668	-1,668
0,1410	0,4928	0,3	1,3781	1,494	-1,494
0,1530	0,4276	0,3	1,2728	1,376	-1,376
0,1638	0,3705	0,3	1,1919	1,284	-1,284
0,1758	0,3151	0,3	1,1135	1,195	-1,195
0,1868	0,2785	0,3	1,0503	1,127	-1,127
0,1981	0,2584	0,3	0,9927	1,069	-1,069
0,2087	0,2521	0,3	0,9441	1,022	-1,022
0,2188	0,2499	0,3	0,9022	0,983	-0,983
0,2283	0,2445	0,3	0,8660	0,949	-0,949
0,2393	0,2288	0,3	0,8277	0,910	-0,910
0,2487	0,2077	0,3	0,7972	0,877	-0,877
0,2576	0,1912	0,3	0,7707	0,849	-0,849
0,2664	0,1998	0,3	0,7462	0,829	-0,829
0,2768	0,2716	0,3	0,7191	0,825	-0,825
0,2782	0,2868	0,3	0,7157	0,827	-0,827

Tab. 2 Hodnoty nejistot měření průtoku pro „ideální“ Q/H charakteristiku.

Dosažená takto stanovená celková nejistota průtoku u_Q je hodnotou určující hranici nepřijatelného vlivu nestandardních přítokových proudových poměrů na Q/H charakteristiku ostrohranného přelivu. Tedy tato nejistota vyjadřuje, kdy jsou výsledné hodnoty pod vlivem možných zdrojů nejistot a kdy mohou být způsobeny právě nestandardními přítokovými poměry.

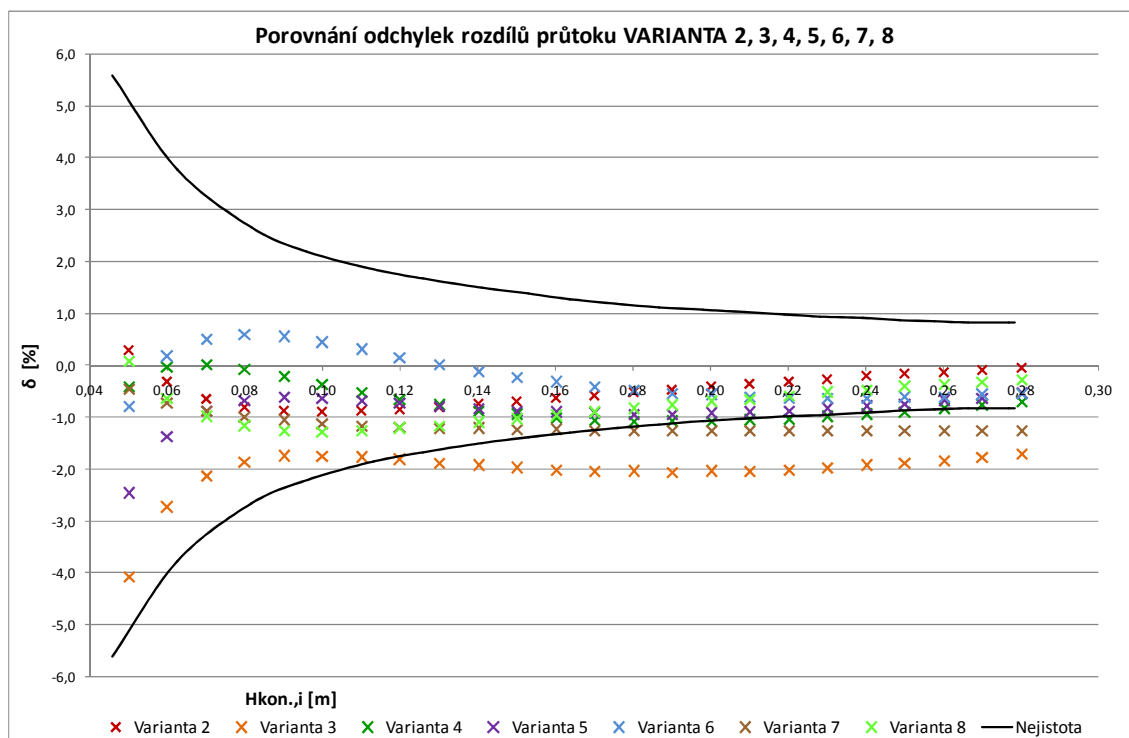


Graf 7 Průběh celkové nejistoty

Na zobrazeném grafu je patrné, že tato nejistota stanovené Q/H charakteristiky se s narůstající přepadovou výškou vody snižuje.

5.8 Vyhodnocení naměřených hodnot první série měření

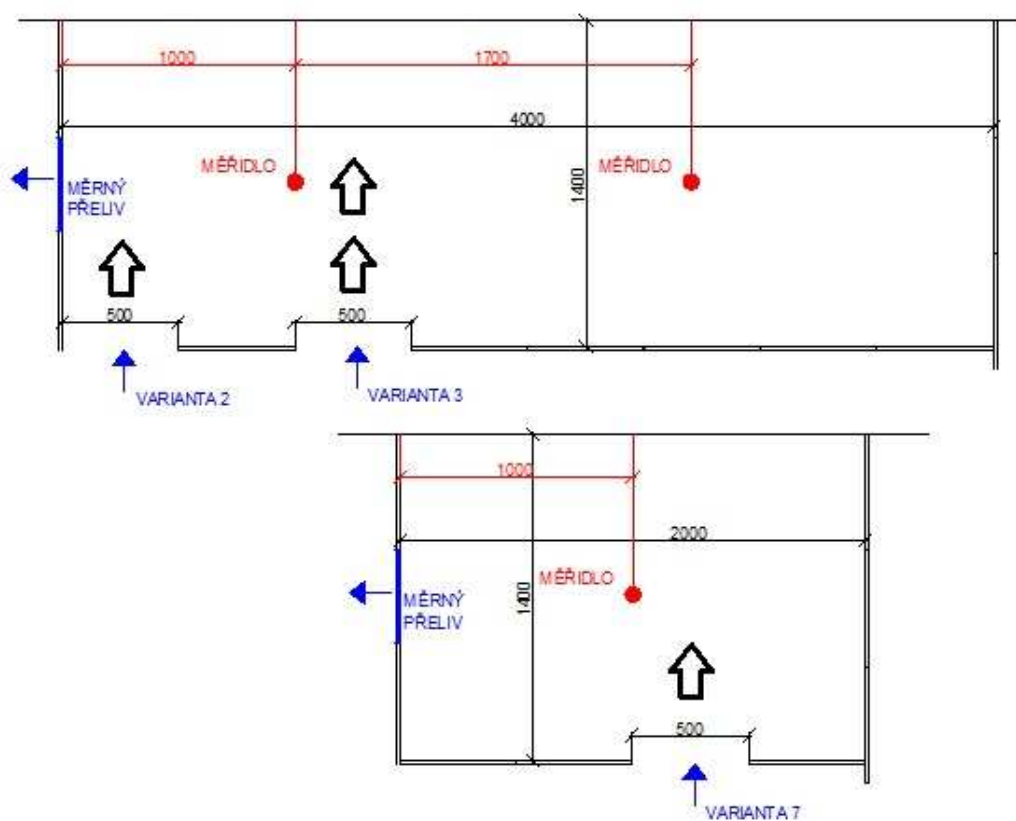
Zpracování hodnot pro variantu 2, 3, 4, 5, 6, 7 a 8 bylo provedeno ve smyslu kapitoly 5.3. Na následujícím grafu jsou zobrazeny procentuální hodnoty rozdílů průtoků, vypočtené dle vztahu (5.3.10) pro celkovou první sérii měření (příloha 21).



Graf 8 Porovnání odchylek rozdílů průtoku varianta 2 až 8

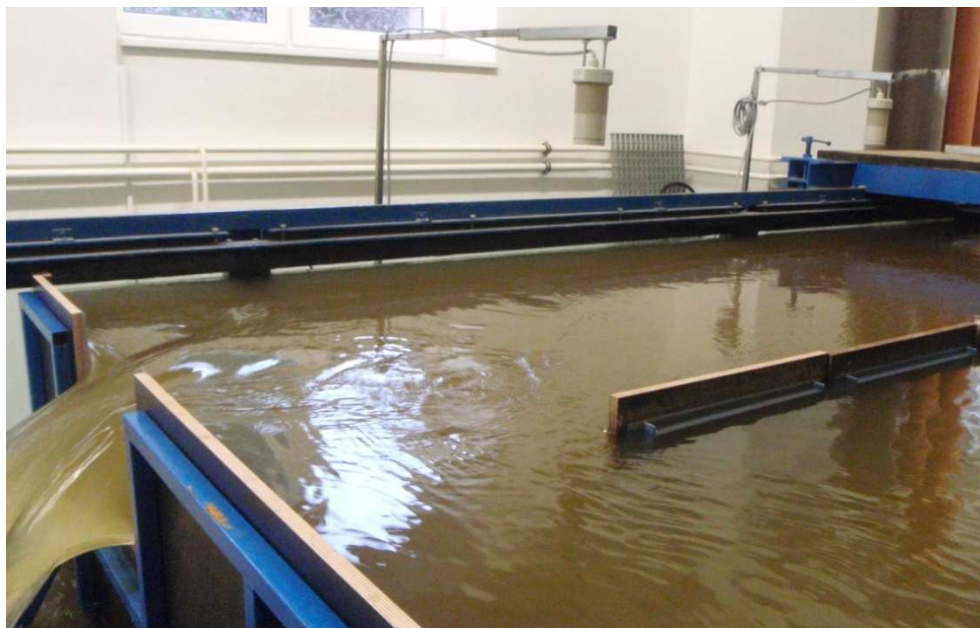
Z grafu 8 vyplývá, že hodnoty přesahující hranici nejistoty narůstají s přepadovou výškou a s narůstajícím průtočným množstvím. Nejmenší odchylka od ideální varianty (varianta 1), pro kterou platí $\delta = 0,0 \%$ je patrná u varianty 2. Největší odchylka je patrná u varianty 3 a varianty 7. Varianta 2 se svými hodnotami rozdílů průtoků δ pohybuje kolem osy x a odchylka není větší jak $-0,89 \%$. Varianta 3 hranici nejistoty přesahuje už při přepadové výšce $0,12 \text{ m}$ a odchylka se pohybuje od $-1,82 \%$ až do $-2,05 \%$. Varianta 7 hranici nejistoty překračuje při přepadové výšce $0,17 \text{ m}$ a odchylka se pohybuje přes 1% .

U těchto variant je rozdíl výsledků s největší pravděpodobností způsoben umístěním přítoku vzhledem k hladinoměrnému ultrazvukovému snímači (obr. 21).



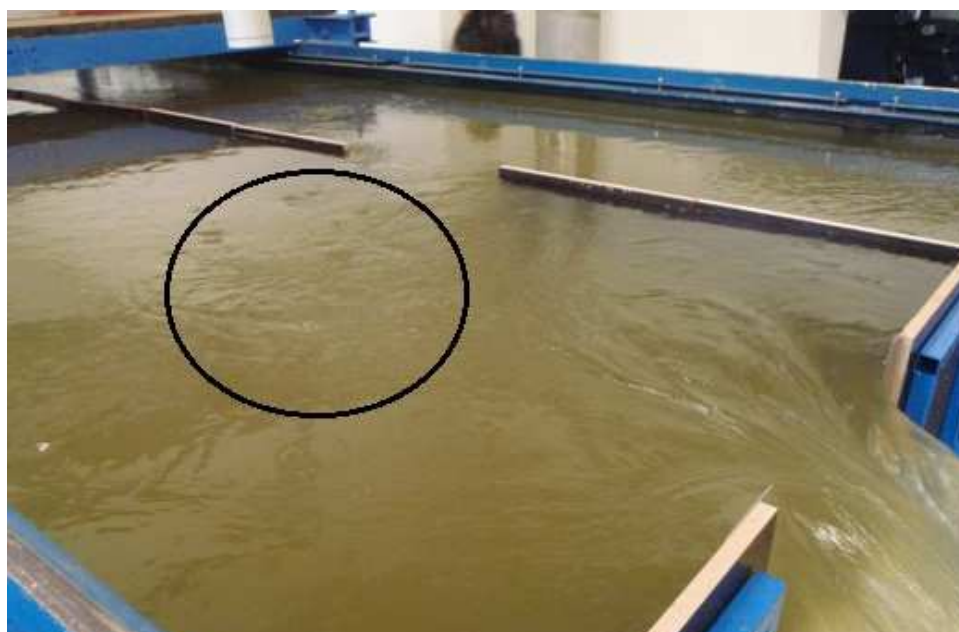
Obr. 21 Náčrt variant 2, 3 a 7

U varianty 2 je přítok řešen jako levostranný v těsné blízkosti ostrohranného měrného přelivu, kde voda má tendenci hned přepadat přes přeliv (obr. 22), přičemž přitékající proud výrazně neovlivňuje proudové poměry pod hladinoměrným ultrazvukovým snímačem.



Obr. 22 Varianta 2 při průtočném množství 77 l/s

U varianty 3 je tento přítok také levostranný, přilehlá hrana přítoku je ve vzdálenosti 1,0 m od ostrohranného přelivu. V této vzdálenosti je umístěn i hladinoměrný ultrazvukový snímač přepadové výšky $H_{kon,i}$. Při větším průtočném množství dochází tedy k ovlivnění hladinových poměrů vody pod a těsně za tímto snímačem a zaznamenávané hodnoty jsou tak vyšší (obr. 23).



Obr. 23 Varianta 3 při průtočném množství 102 l/s

U variant 2, 3, 4 a 5 je nejdelší přítokové koryto, a to 4 m. Prostor protiproudě za ostrohranným přelivem je pro variantu 4 a 5 dostatečně velký a přítok je umístěn dále od hladinoměrného ultrazvukového snímače, proto při vyšším průtočném množství dochází k uklidnění proudění vody v tomto prostoru a odchylky δ nepřekračují hranici nejistot.

U varianty 7 dochází ke stejnému jevu jako u varianty 3, tedy přilehlá hrana přítoku je ve vzdálenosti 1m, kde je umístěn hladinoměrný ultrazvukový snímač a při vyšším průtočném množství dochází k ovlivnění hladinových poměrů (obr. 24).

U variant 6, 7 a 8 je přítokové koryto zkráceno na délku 2 m, jehož rozměry jsou stále ještě dostačující k uklidnění hladinových a proudových poměrů.

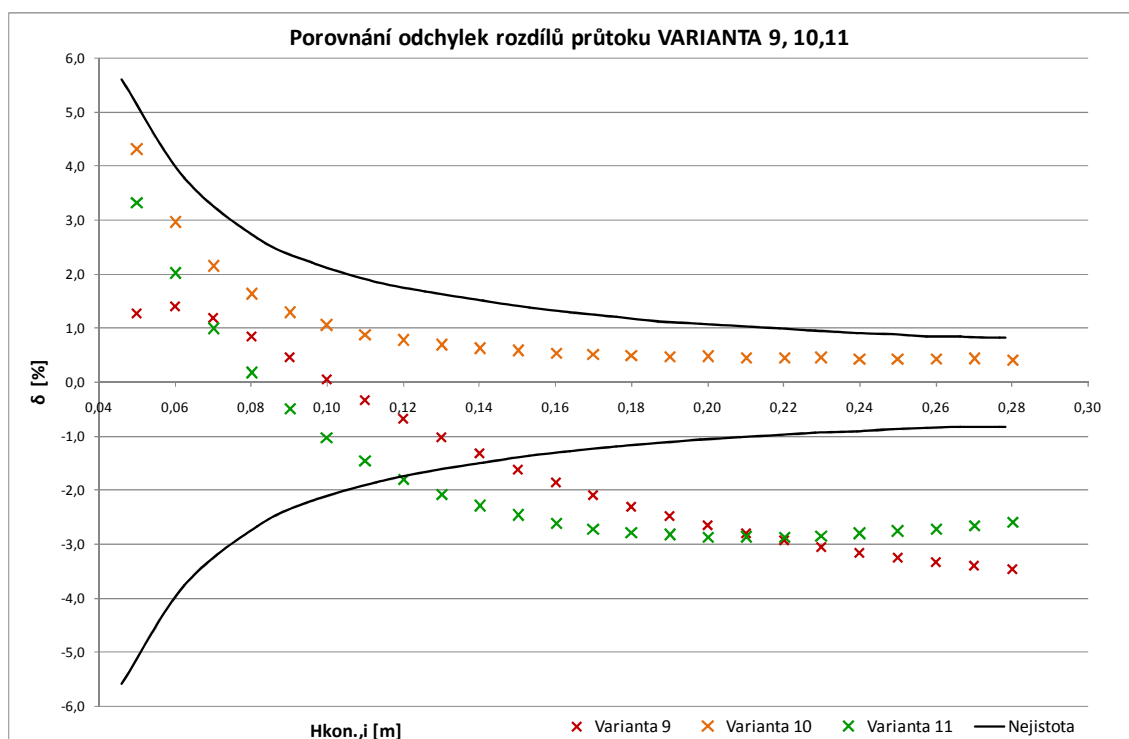


Obr. 24 Varianta 7 při průtočném množství 102 l/s

Velikost odchylek je ovlivněna i průřezem přítoku, který je řešen již od dna žlabu s šířkou 0,5 m. V této první sérii měření je přítokové koryto, do kterého přitéká voda natolik velké, že se zde přitékající proud vody zklidní a odchylky δ nepřesahují hodnotu -2,05%. U odchylek, které leží uvnitř vymezeného pásma nejistot, nelze předpokládat prokazatelný vliv nestandardních proudových přítokových poměrů.

5.9 Vyhodnocení naměřených hodnot druhé série měření

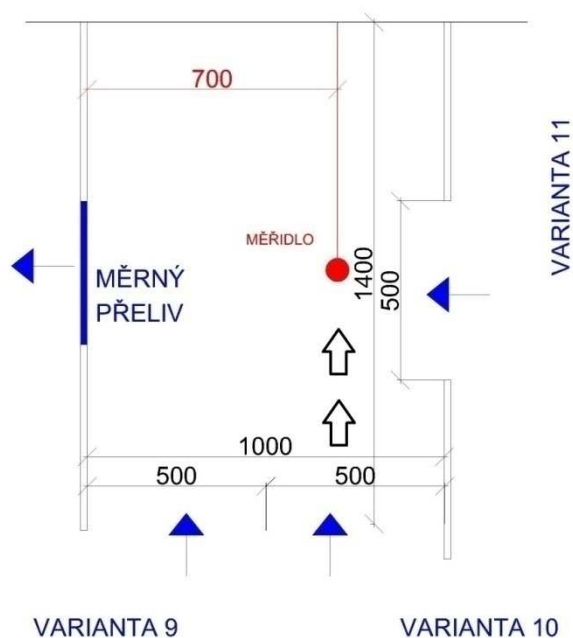
Zpracování hodnot pro variantu 9, 10 a 11 bylo provedeno dle kapitoly 5.3. Tato série měření je odlišná od první série měření ve velikosti přítokového koryta, tedy prostoru protiproudě před přelivem a umístěním hladinoměrného ultrazvukového snímače. Prostor protiproudě před přelivem je zkrácen na délku 1 m, šířka je neměnná 1,4 m a hladinoměrný ultrazvukový snímač je posunut na vzdálenost 0,7 m od ostrohranného měrného přelivu. Na následujícím grafu jsou zobrazeny procentuální hodnoty rozdílů průtoků, vypočtené dle vztahu (5.3.10) pro celkovou druhou sérii měření (příloha 22).



Graf 9 Porovnání odchylek rozdílů průtoku varianty 9, 10 a 11

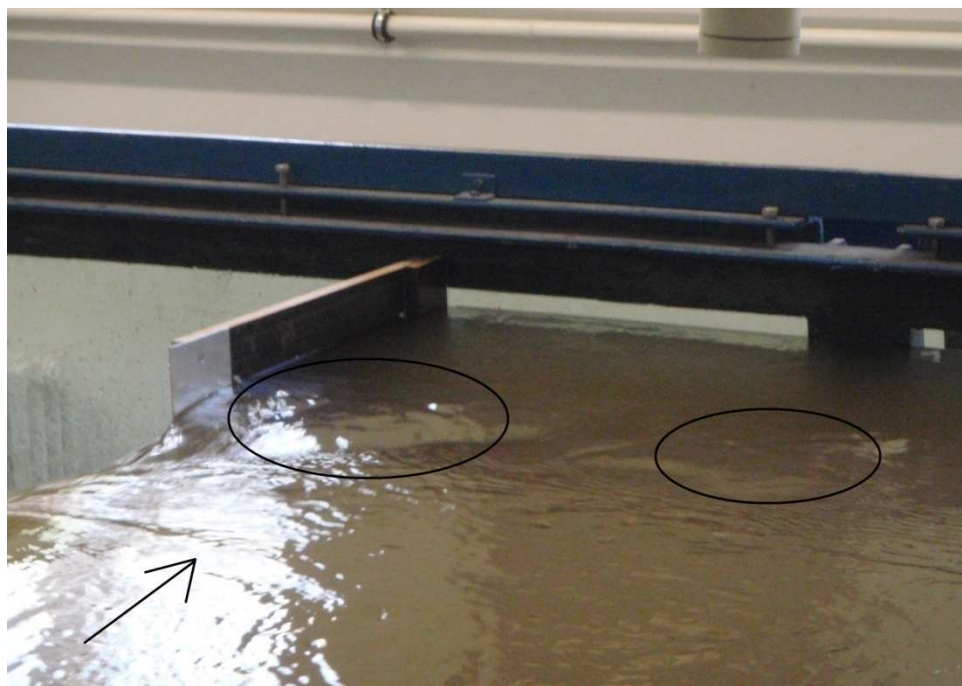
Na zobrazeném grafu 9 hodnoty přesahují hranici nejistoty s narůstající přepadovou výškou, stejně jako v kapitole 6.5. Nejmenší odchylka od ideální varianty (varianta 1), pro kterou platí $\delta = 0,0 \%$ je patrná u varianty 10. Největší odchylka je patrná u varianty 9 a varianty 11. Varianta 10 se svými hodnotami rozdílů průtoků, tedy odchylkou δ nepřekročí hranici nejistot. Varianta 9 hranici nejistoty překračuje už při přepadové výšce 0,15 m a odchylka se pohybuje nad 1,5 %. Varianta 11 hranici nejistoty překračuje při přepadové výšce 0,12 m a odchylka se pohybuje nad 1,8 %.

V tomto případě jsou odchylky δ nejvíce ovlivněny zmenšením prostoru protiproudě před přelivem, a to zkrácením délky přítokového koryta na délku 1 m a také umístěním přítoku vzhledem k poloze hladinoměrného ultrazvukového snímače $H_{kon,i}$ (obr. 25).

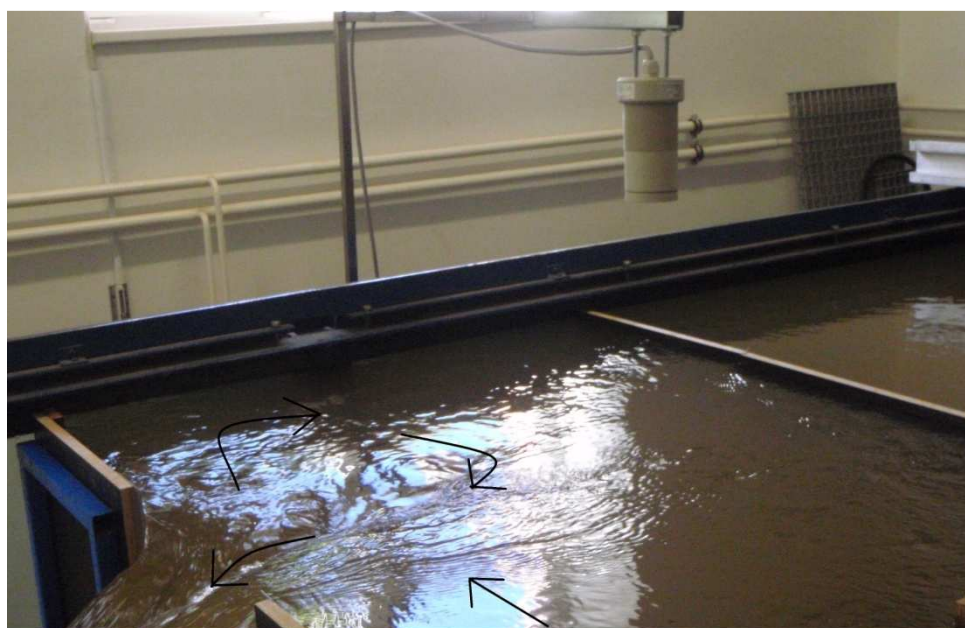


Obr. 25 Náčrt variant 9, 10 a 11

U varianty 9 je přítok řešen jako levostranný v těsné blízkosti ostrohranného měrného přelivu. Přítokové koryto je tak malé, že už při průtočném množství 47 l/s dochází k ovlivnění hladinových poměrů (obr. 26, obr. 27).



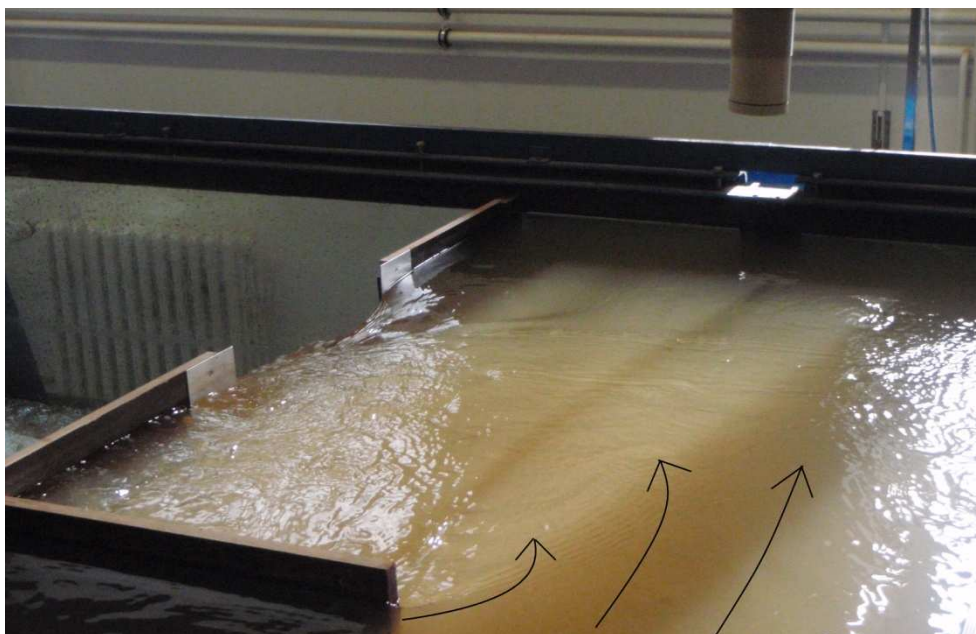
Obr. 26 Varianta 9 při průtočném množství 87 l/ s



Obr. 27 Varianta 9 při průtočném množství 102 l/ s

Ostrohranný měrný přeliv nezvládá propouštět potřebné průtočné množství a rychlost přitékajícího proudu se s průtokem zvětšuje, tím dochází k odrazu proudu od protější stěny a vytvoření protiproudu a vírů. K tomuto jevu dochází bezprostředně i pod hladinoměrným ultrazvukovým snímačem a ovlivňuje zaznamenávané hodnoty.

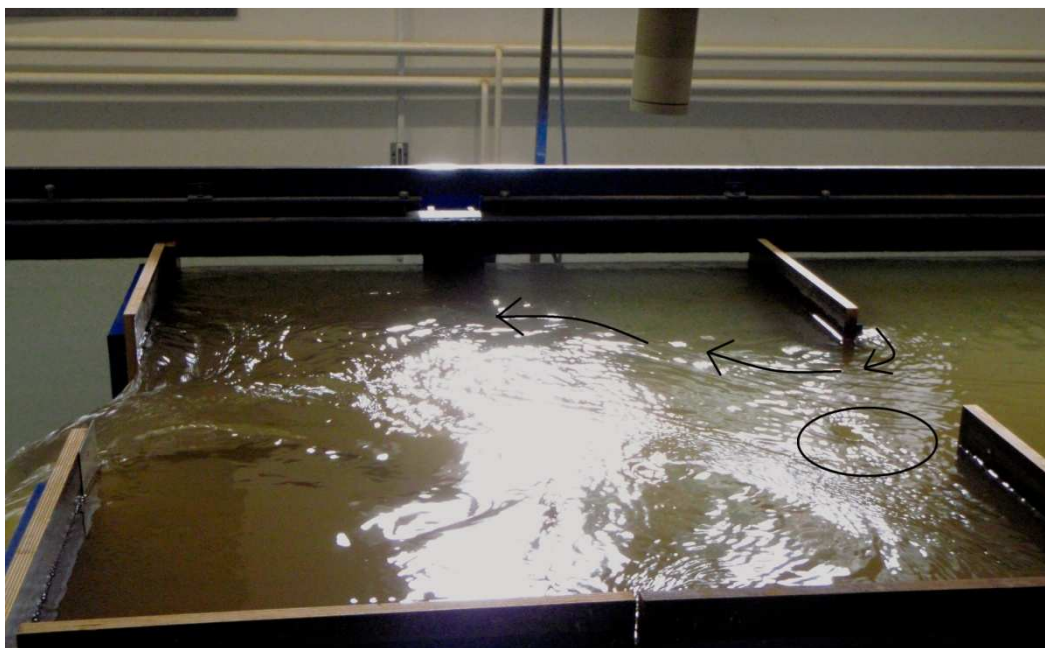
U varianty 10 je přítok řešen jako levostranný, přilehlá hrana přítoku je ve vzdálenosti 0,5 m od ostrohranného měrného přelivu (obr. 28).



Obr. 28 Varianta 10 při průtočném množství 97 l/ s

Při vstupu vody do přítokového koryta dochází ke stočení proudu na měrný přeliv. Na přelivné hraně přítoku vzniká odtržení proudu. K tomuto jevu dochází mimo prostor pod hladinoměrným ultrazvukovým snímačem, čímž nejsou ovlivněny zaznamenávané hodnoty.

Varianta 11 je řešena jako přímý přítok (nátok) do přítokového koryta pod hladinoměrným ultrazvukovým snímačem (obr. 29).



Obr. 29 Varianta 11 při průtočném množství 92 l/ s

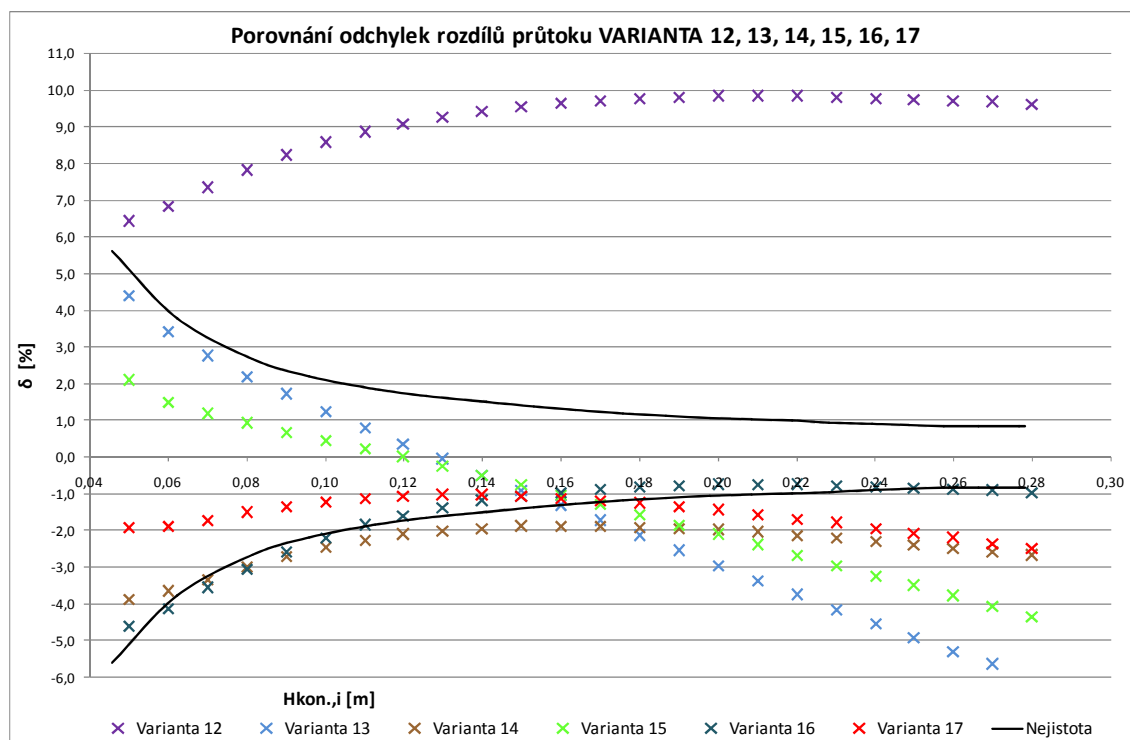
Při zvýšení průtoku dochází na hranách přítokového okna ke zrychlení proudění vody a k vzniku turbulencí a vírových jevů, které mají vliv na zaznamenávané hodnoty $H_{kon,i}$.

U této série měření bylo vypořováváno, že na výsledných odchylkách má největší podíl zkrácení přítokového koryta. Z naměřených hodnot vyplývá, že při zvyšujícím se průtoku jsou hodnoty přepadových výšek vyšší v porovnání s Q/H charakteristikou „ideální“ varianty. V důsledku zkrácení přítokového koryta odchylky δ narůstají až na hodnotu -3,4 %. Odchylka u variant 9 a 11 potvrzuje výše uvedené, a to že při přepadové výšce nad 0,10 m je průtočné množství menší než v „ideálním“ případě.

5.10 Vyhodnocení naměřených hodnot třetí série měření

Zpracování hodnot pro variantu 12, 13, 14, 15, 16 a 17 bylo provedeno dle kapitoly 5.3. Tato série měření je odlišná od první a druhé série měření typem průřezu přítoku. Přítok do prostoru přítokového koryta protiproudě před měrným přelivem je řešen potrubím s kruhovou plochou průtočného průřezu, jež je umístěno jak v dolní, tak i v horní části stěny přítokového koryta ve smyslu obr. 13. Prostor přítokového koryta je stejně velký jako u druhé série měření a to o délce 1,0 m a neměnní se šířce 1,4 m.

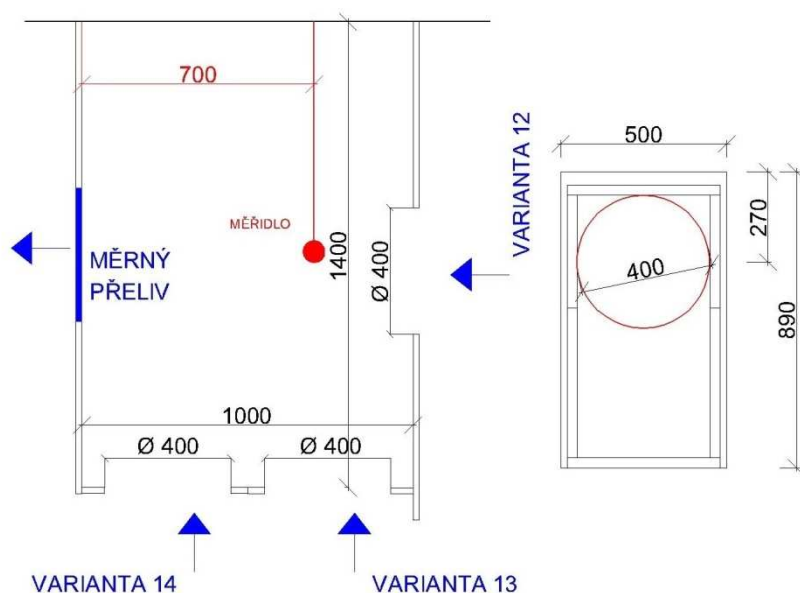
Hladinoměrný ultrazvukový snímač je umístěn v podélné rovině symetrie přítokového koryta ve vzdálenosti 0,7 m od ostrohranného přelivu. Na následujícím grafu jsou zobrazeny procentuální hodnoty rozdílů průtoků, vypočtené dle vztahu (5.3.10) pro celkovou třetí sérii měření (příloha 23).



Graf 10 Porovnání odchylek rozdílů průtoku varianta 12 až 17

Na zobrazeném grafu 10 je patrné, že všechny varianty překračují hranici nejistot. Nejmenší odchylka od ideální varianty, pro kterou platí $\delta = 0,0 \%$ je patrná u varianty 16, která překračuje hranici nejistot až při přepadové výšce 0,26 m. Varianta 17 a 14 mají podobný průběh, přičemž varianta 14 už při přepadové výšce 0,07 m dosahuje -3,3 % a varianta 17 při 0,18 m dosahuje -1,3 %. Podobný průběh křivek mají i varianta 13 a 15, kdy u varianty 13 při přepadové výšce 0,16 m začíná odchylka na -1,3 % a roste na -6,0 %, varianta 15 při přepadové výšce 0,17 m odchylka je na -1,3 % a roste na -4,3 %. Ojedinělý průběh má varianta 12, u které odchylka začíná už při počáteční přepadové výšce 0,05 m na 6,4 % a při maximální výšce 0,28 m dosahuje 9,6 %.

U varianty 12, 13 a 14 je řešen přítok potrubím o průměru 0,4 m umístěném v horní části stěny konstrukce (obr. 30).



Obr. 30 Varianta 12, 13 a 14 s kruhovým přítokem umístěným v horní části

Průřez přítoku je oproti předešlým dvou sériím zmenšen o více než polovinu plochy a proto je nutné brát v úvahu vytvoření příslušného rozdílu mechanické energie pro provedení průtočného množství. U průtočného množství, jež je větší než 72 l/s nedochází již v přítokovém potrubí k proudění o volné hladině.

Varianta 14 má osu přítokového potrubí umístěné 0,25 m od ostrohranného přelivu. Voda do prostoru přítokového koryta proudí za vyšších rychlostí, odráží se od protější stěny a tím se vytvoří protiproud a víry. Tento jev pak probíhá pod hladinoměrným ultrazvukovým snímačem a ovlivňuje zaznamenávané hodnoty. Odchylka naznačuje, že při dané přepadové výšce je průtočné množství menší než v případě standardních přítokových poměrů (obr. 31).



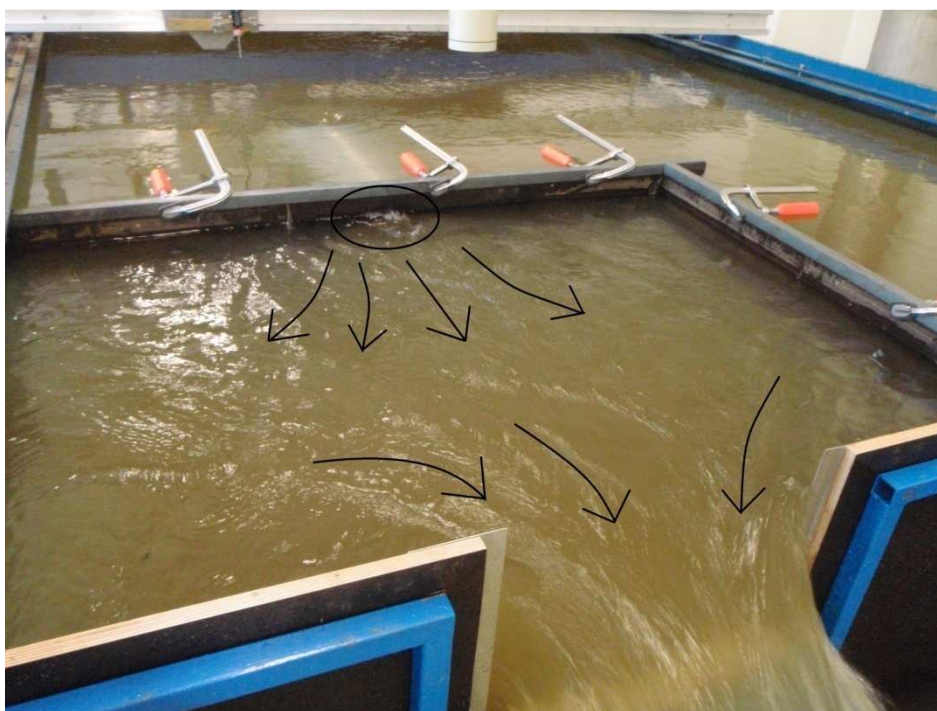
Obr. 31 Varianta 14 při průtočném množství 62 l/s

Varianta 13 má osu přítokového potrubí ve vzdálenosti 0,75 m od ostrohranného měrného přelivu. Z grafu je patrné, že při přepadové výšce od 0,05 m do 0,12 m je průtočné množství naměřené větší než v ideálním případě, od přepadové výšky 0,13 m se tento poměr obrací, to je způsobeno vyšší rychlostí přitékajícího proudu. Voda proudí v potrubí pod tlakem a tak i vytéká, v tomto případě se proud dostává k protější stěně, od které se odráží a přepadá přes přeliv, v prostoru přítokového koryta se objevují vírové jevy (obr. 32).



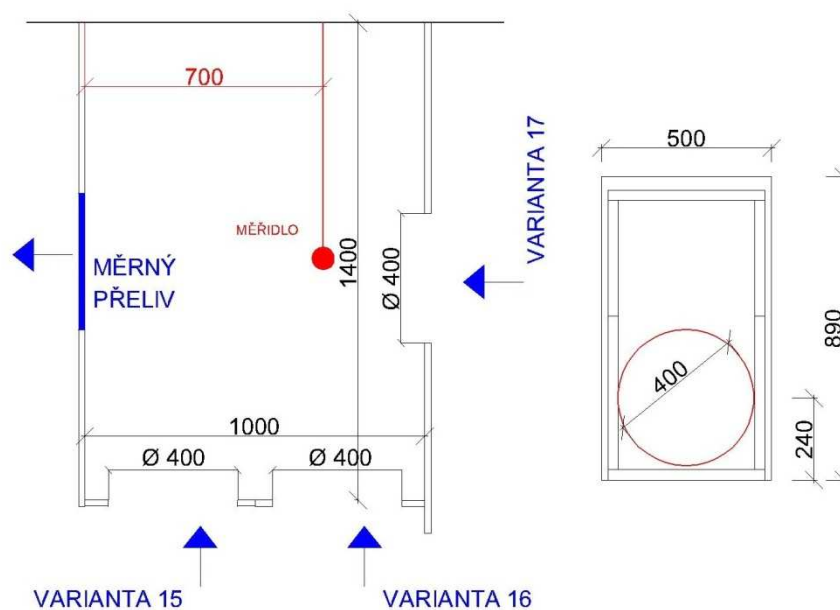
Obr. 32 Varianta 13 při průtočném množství 77 l/s

U varianty 12 je podélná osa přítokového potrubí umístěna na podélnou rovinu symetrie ostrohranného měrného přelivu. U tohoto případu se po zahlcení potrubí přisává do potrubí i vzduch, který provzdušňuje vodu vytékající do prostoru přítokového koryta. I zde vytéká voda pod tlakem, nejen přímo ale i do stran, kde se odráží od stěn a je stažena proudem vody přepadající přes přeliv (obr. 33).



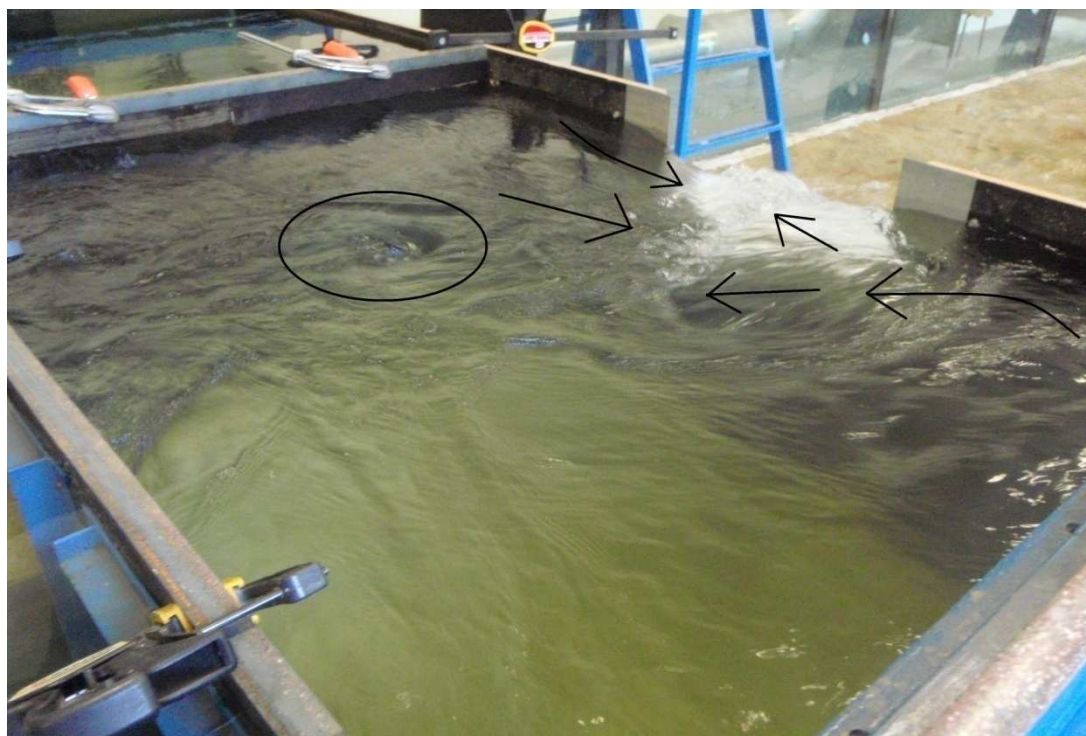
Obr. 33 Varianta 12 při průtočném množství 97 l/s

V dalších třech variantách 15, 16 a 17 je přítokové potrubí umístěno do dolní části stěny přítokového koryta (obr. 34). U tohoto řešení přítokového potrubí je v celé škále průtokového množství od 7,5 l/s až do 102 l/s potrubí zahlceno a voda vytéká pod tlakem do prostoru přítokového koryta.



Obr. 34 Varianta 15, 16 a 17 s kruhovým přítokem umístěném v dolní části

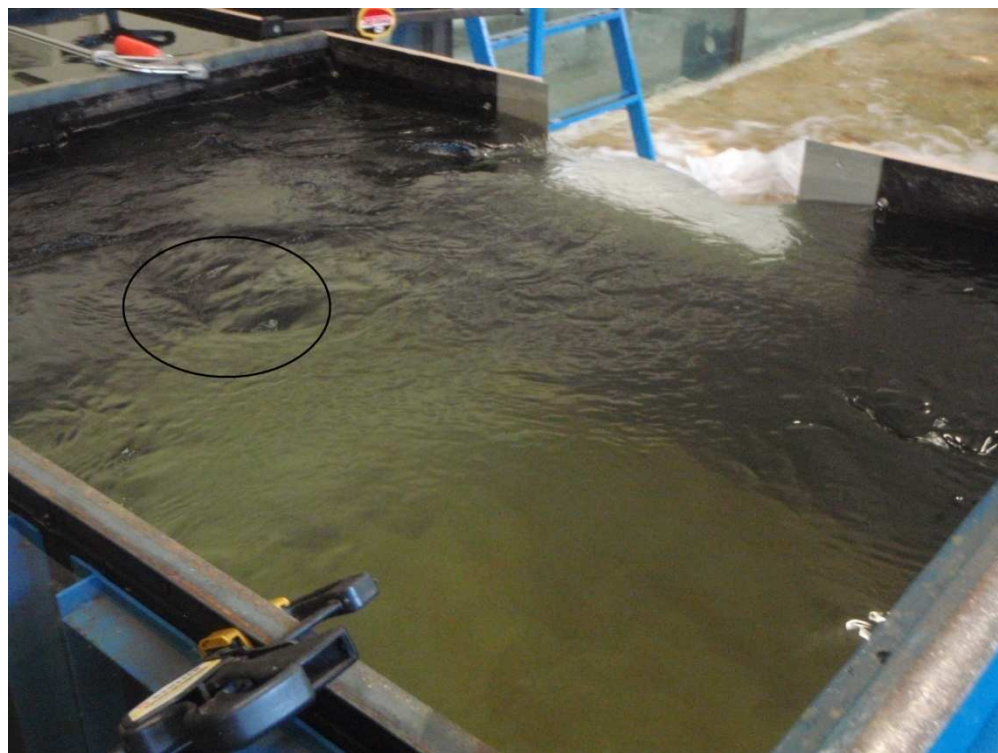
Varianta 15 má podélnou osu přítokové potrubí ve vzdálenosti 0,25 m od ostrohranného měrného přelivu. Křivka odchylek δ má podobný průběh jako varianta 13 (obr. 35).



Obr. 35 Varianta 15 při průtočném množství 82 l/s

Jak je viditelné na obr. 35 proud vytékající z potrubí se odráží od protější stěny a naráží na proud na přítoku, vytváří se protiproud a víry. Tento jev, úplav, probíhá pod hladinoměrným ultrazvukovým snímačem. Průběh odchylek vypovídá, že na počátku je průtočné množství u této varianty oproti ideálnímu případu menší a při přepadové výšce 0,12 m se tento poměr obrací.

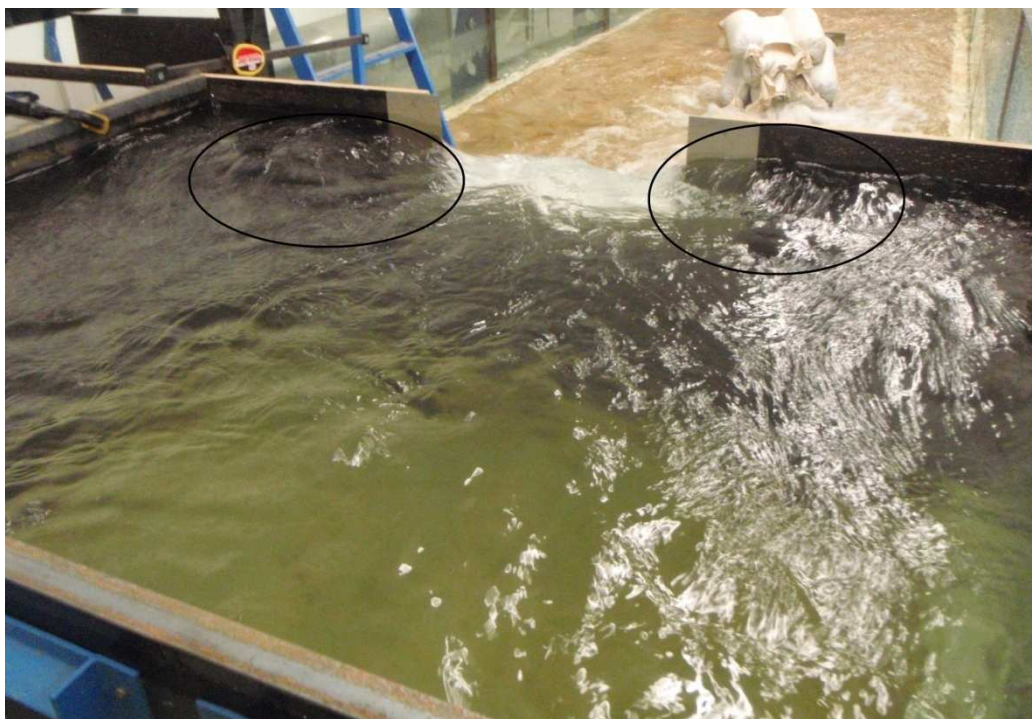
U varianty 16 je přítokové potrubí umístěno poproudně na levé straně, jeho podélná osa je ve vzdálenosti 0,75 m od ostrohranného měrného přelivu (obr. 36). Odchylka δ naznačuje, že s narůstající přepadovou výškou se průtočné množství blíží k ideálnímu stavu, odchylka se pohybuje pod -1 %.



Obr. 36 Varianta 16 při průtočném množství 82 l/s

Varianta 17 má podélnou osu přítokového potrubí umístěnou na podélnou rovinu symetrie ostrohranného měrného přelivu. Voda z přítokového potrubí vytéká pod tlakem nejen přímo ale i do stran prostoru přítokového koryta, kde se odráží od stěn a je stažena proudem vody přepadající přes přeliv (obr. 37). Se stoupající přepadovou výškou je průtočné množství u varianty 17 oproti ideálnímu případu menší, a to o -1 % až -2,5 %. V porovnání s variantou 12, je tu určitě zlepšení a to díky umístění přítoku

do spodní části přítokového koryta. Tímto umístěním dochází k většímu uklidnění proudící vody, vzhledem k celkové hloubce koryta.



Obr. 37 Varianta 17 při průtočném množství 82 l/s

U této třetí série měření má velký vliv poměr velikosti přítokového potrubí k ostrohrannému měrnému přelivu.

6 Shrnutí experimentem dosažených výsledků

V tomto experimentu byl vybrán a nainstalován ostrohranný přeliv s bočním zúžením, tedy šířka přítokového koryta byla větší než šířka ostrohranného přelivu. Toto zúžení má určitý vliv na hladinové poměry v přítokovém korytě. Dalo by se předpokládat, že kdyby byl vybrán ostrohranný přeliv bez boční kontrakce (na celou šířku přítokového koryta), nedocházelo by k odrazu proudu vody od bočních stěn přelivu (při bočním nátoku) a k následným vírům, které v tomto experimentu ovlivnily zaznamenávané hodnoty hladinoměrný ultrazvukovým snímačem.

Dle provedených měření u rozdílných sériích byl vypočítán vztah mezi velikostí prostoru přítokového koryta a velikostí odchylky δ , kdy tato odchylka roste současně se zmenšováním prostoru přítokového koryta. Přítokové koryto bylo zkracováno a šířka zůstala neměnná pro všechny série měření. Ve všech třech sériích měření odchylka δ jde zpravidla do záporných hodnot, což znamená, že průtočné množství u variant s nestandardními přítokovými proudovými poměry oproti „ideálnímu“ stavu je menší.

U námi zvoleného experimentu byla nalezena jistá souvislost mezi jednotlivými variantami. Tato souvislost spočívá v umístění přítoku a přítokového potrubí vzhledem k ultrazvukovému hladinoměrnému snímači. U variant s vyústěním pod tento snímač došlo k navýšení odchylky δ . Proto se dají očekávat problémy u takovýchto typů řešení přítokových proudových poměrů. Dalším společným prvkem pro provedené série měření je patrný vliv plochy průtočného průřezu profilu zaústěného do přítokového koryta. Dle popisu všech variant, je zřejmé, že čím menší je plocha průtočného průřezu přítokového profilu, tím větší odchylky δ lze očekávat. Vzhledem k relativně malému množství provedených kombinací měření nebylo možné tento vliv exaktně kvantifikovat.

Dle výsledků z měření je vyústění přítokového potrubí v dolní části stěny přítokového koryta nejlepším možným. V důsledku dostatečné míry zatopení dochází k většímu uklidnění proudící vody a menšímu ovlivnění hladinových poměrů.

Z provedených experimentálních prací lze usuzovat, že u ostrohranných měrných přelivů s nestandardními přítokovými proudovými poměry nelze jednoznačně stanovit „opravný“ koeficient pro tu či onu nestandardní konfiguraci přítokových poměrů. Každá

kombinace přelivu a jeho přítokového koryta vykazuje různé předem neodhadnutelné výsledné hodnoty.

Pokud v praxi nebude na problém nestandardních přítokových proudových poměrů u ostrohranných přelivů brán zřetel, mohou nastat případy, kdy bude možné měrný přeliv považovat z těchto důvodů i za funkčně nezpůsobilý.

Pro užití v praxi doporučuji návrh rovného přítokového koryta s dostatečnou uklidňovací délkou v poměru k šířce měrného přelivu. Dle ČSN ISO 1438-1 [8] lze za dostatečnou délku přítokového koryta brát desetinásobek šířky přelivu. Pro výpočet průtoku přes takto realizovaný přeliv je vhodné použití vztahu SIA ve smyslu (2.1.5).

7 Doporučení pro navazující výzkum

Námi řešená problematika je ojedinělá a nebyly nalezeny žádné předchozí experimentální ani literární prameny zabývající se tímto tématem. Tato práce může být impulzem i pro další podrobnější experimentální výzkum.

Pro navazující experimentální výzkum by bylo vhodné se zabývat podrobněji závislostí na šířce přítokového koryta s jeho neměnnou uklidňovací délkou. Rozměry přítokového koryta byly jedním z důvodů ovlivnění hladinových poměrů a proto vyzkoušet několik šířek přítokového koryta s neměnnými rozměry ostrohranného přelivu a neměnnou délkou přítokového koryta by mohlo vést k zajímavým výstupům.

Další možností je vyzkoušet zaústění proměnných průměrů přítokového potrubí z různých stran do přítokového koryta. Velmi zajímavé by bylo také posouzení vlivu přítoku ve dně přítokového koryta, který by nemusel ovlivňovat hladinové poměry. Tento přístup by mohl vést k novým poznatkům a možnostem užití v praxi. Existuje více tvarů ostrohranných měrných přelivů, u kterých samozřejmě můžeme očekávat odlišné výstupy. Velmi zajímavé by bylo posouzení vlivu poměru plochy přítokového koryta S_0 (průměru přítokového potrubí D) s plochou výřezu přelivu S .

Z uvedených poznatků lze konstatovat, že není prakticky možné pro celou šíři nekonečného množství kombinací různých parametrů získat exaktní matematické vztahy pro vyjádření velikosti vlivu těchto proudových poměrů na Q/H charakteristiku. Jistě však lze stanovit meze, za které už není možné v žádném případě ve změně parametrů jít. Nutno podotknout, že tyto popsání vlivy vznikají již nesprávným návrhem příslušných měřicích systémů instalovaných v korytech o volné hladině. Podstatou těchto měřicích systémů má být právě spolehlivost, korektnost a kontrolovatelným způsobem stanovení průtočného množství.

8 Závěr

Cíle této práce byly splněny. V teoretické části byla popsána problematika měřících systémů s popisem jednotlivých ostrohranných přelivů, možnosti monitorování průtoků v profilech s volnou hladinou s využitím metody Q/H charakteristiky.

V praktické části byla popsána laboratoř s měrnou tratí a použitou technikou, a v první řadě byl zkoumán a posuzován vliv nestandardních přítokových proudových poměrů na Q/H charakteristiku u navržených a experimentálně zkoumaných variant přítoků. Dále byly výstupy z tohoto experimentu zpracovány a porovnány mezi sebou a byl určen vliv nestandardních přítokových proudových poměrů na Q/H charakteristiku ostrohranných přelivů.

Škála vlivů nestandardních přítokových poměrů na Q/H charakteristiku je velká a tato práce je celá neobsáhla, proto by měl být tento experiment brán jako podklad pro další výzkum a dále se těmito vlivy zabývat.

Jako pozitivum této práce, je i zjištění, že každá sebemenší změna tvaru, velikosti a umístění přítoku před měrným přelivem a také velikost prostoru protiproudě před přelivem má vliv na Q/H charakteristiku a ten by měl být zohledněn v dalších experimentálních pracích i při návrhu měřících systémů in-situ.

9 Literatura

- [1] ŽOUŽELA, Michal, ŠULC, Jan. Měření průtoků a proteklého objemu vody v profilech s volnou hladinou – Technické, metrologické a provozní požadavky na pracovní měřidla a posuzování jejich funkční způsobilosti. SOVAK ČR. Metodický návod, LVV – FAST – VUT v Brně, 2011
- [2] ŽOUŽELA, Michal. Měřicí systémy proteklého množství vody užívané v profilech s volnou hladinou. Metrologie. Praha, 2008. s. 7.
- [3] RYBNÍKÁŘ, Jiří. *Hydraulika II.* Brno : SNLT-Nakladatelství technické literatury, 1982. 64 s.
- [4] www.pars-aqua.cz [online]. 2009 [cit. 2010-03-25]. Parsaqua s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.pars-aqua.cz/clanek12.html>>.
- [5] MATTAS, Daniel. Měření průtoků nestandardními metodami a v nestandardních podmínkách, 1998
- [6] ROUB, Radek; PECH, Pavel. *Hydraulika - příklady*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003. 159 s.
- [7] PICEK, Tomáš. *Ovlivnění průchodu velkých vod mostními objekty na malých vodních tocích*. Praha, 2006. 107 s. Dizertační práce. České Vysoké Učení v Praze.
- [8] ČSN ISO 1438-1. *Měření průtoků vody v otevřených korytech pomocí přelivů a Venturiho žlabů : Část 1: Tenkostěnné přelivy*. Praha : Český normalizační institut, 1997. 51 s.
- [9] BOOR, Boris; KUNŠTÁTSKÝ, Jiří; PATOČKA, Cyril. *Hydraulika pro vodohospodářské stavby*. Praha : [s.n.], 1968. 468 s.
- [10] Nejistoty měření. In *Nejistoty měření* [online]. [200?] [cit. 2011-10-16]. Dostupné z WWW: <www.fs.cvut.cz/tem/nejistoty/nejistoty1.pdf>.

- [11] MISÁK, Petr. Nejistoty měření. In MISÁK, Petr. *Nejistoty měření* [online]. Brno : FAST VUT, 2009 [cit. 2009-09-01]. Dostupné z WWW: <147.229.27.214/vyuka/CI52/nejistoty_mereni.pdf>.
- [12] *Lvv.cz* [online]. [200?]. Laboratoře vodohospodářského výzkumu. Dostupné z WWW: <<http://www.fce.vutbr.cz/vst/lvv/index.html>>.
- [13] ŠMIDRKALOVÁ, Nina. *Stanovení vlivu sklonu hrany tenkostěnného přelivu s pravouhlým výřezem na přepadající množství*. Brno, 2010. 42 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [14] *Věstník Ministerstva životního prostředí*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2006. 23 s. Dostupné z WWW: <[www.mzp.cz/osv/edice.nsf/.../\\$file/vestnik06_final_web.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/.../$file/vestnik06_final_web.pdf)>.

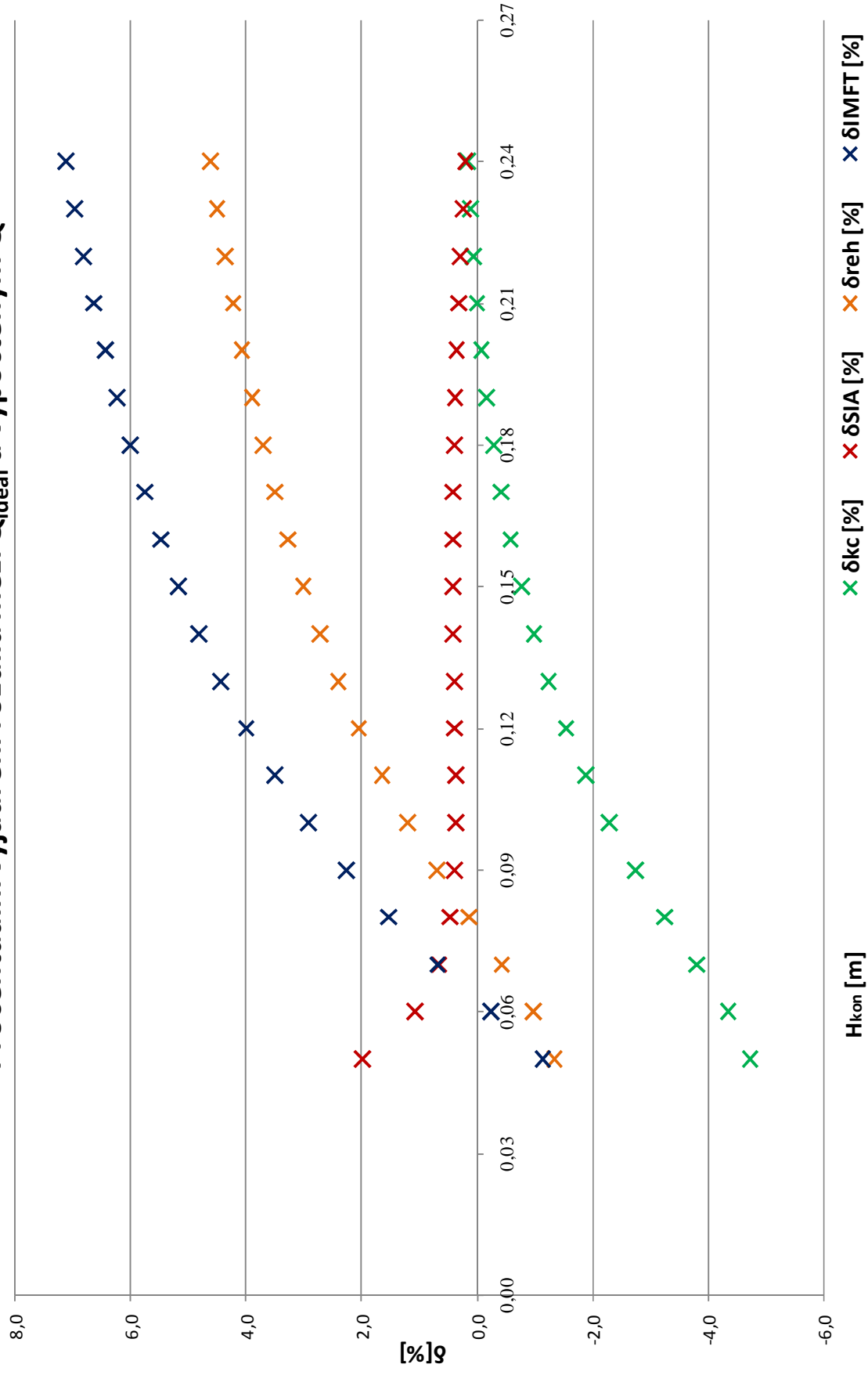
Přílohová část

Příloha 1

Hodnoty průtoku Q dle normy ČSN ISO 1438-1 a regresního průtoku Q_{ideal} s hodnotami procentuálního rozdílu Q_{ideal} a vypočteným Q_i .

Přepadová výška	Regresní přepadové množství	KINDSVATER A CARTER		SIA		REHBOCK		IMFT	
		Q [m ³ /s]	δ _{kc} [%]	Q [m ³ /s]	δ _{SIA} [%]	Q [m ³ /s]	δ _{reh} [%]	Q [m ³ /s]	δ _{IMFT} [%]
0,0500	0,0084	0,0080	-4,71	0,0086	2,01	0,0083	-1,32	0,0083	-1,12
0,0600	0,0109	0,0105	-4,33	0,0111	1,10	0,0108	-0,96	0,0109	-0,22
0,0700	0,0137	0,0132	-3,79	0,0137	0,68	0,0136	-0,41	0,0138	0,70
0,0800	0,0166	0,0160	-3,23	0,0166	0,49	0,0166	0,17	0,0168	1,54
0,0900	0,0196	0,0191	-2,72	0,0197	0,41	0,0198	0,71	0,0201	2,29
0,1000	0,0228	0,0223	-2,26	0,0229	0,39	0,0231	1,21	0,0235	2,94
0,1100	0,0262	0,0257	-1,86	0,0263	0,39	0,0266	1,66	0,0272	3,51
0,1200	0,0297	0,0293	-1,52	0,0298	0,40	0,0303	2,07	0,0310	4,01
0,1300	0,0334	0,0330	-1,22	0,0335	0,42	0,0342	2,42	0,0349	4,45
0,1400	0,0372	0,0368	-0,96	0,0373	0,43	0,0382	2,75	0,0391	4,84
0,1500	0,0411	0,0408	-0,74	0,0413	0,44	0,0424	3,03	0,0434	5,18
0,1600	0,0452	0,0449	-0,56	0,0454	0,44	0,0467	3,29	0,0478	5,49
0,1700	0,0494	0,0492	-0,40	0,0496	0,43	0,0512	3,52	0,0524	5,77
0,1800	0,0537	0,0536	-0,26	0,0539	0,42	0,0558	3,73	0,0571	6,02
0,1900	0,0582	0,0581	-0,15	0,0584	0,40	0,0605	3,91	0,0620	6,25
0,2000	0,0627	0,0627	-0,06	0,0630	0,37	0,0654	4,09	0,0671	6,46
0,2100	0,0674	0,0674	0,02	0,0676	0,34	0,0704	4,24	0,0722	6,65
0,2200	0,0722	0,0723	0,09	0,0724	0,31	0,0755	4,38	0,0775	6,82
0,2300	0,0771	0,0772	0,14	0,0773	0,27	0,0808	4,52	0,0829	6,99
0,2400	0,0822	0,0823	0,18	0,0823	0,23	0,0862	4,64	0,0885	7,14
0,2500	0,0873	0,0875		0,0875		0,0917		0,0942	

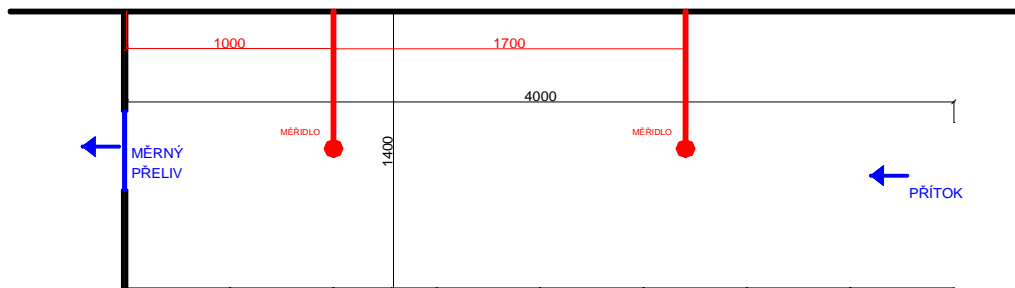
Procentuální vyjádření rozdílu mezi Q_{ideal} a vypočteným Q



Příloha 2 - Grafické znázornění rozdílu mezi Q_{ideal} a vypočteným Q_i

Příloha 3

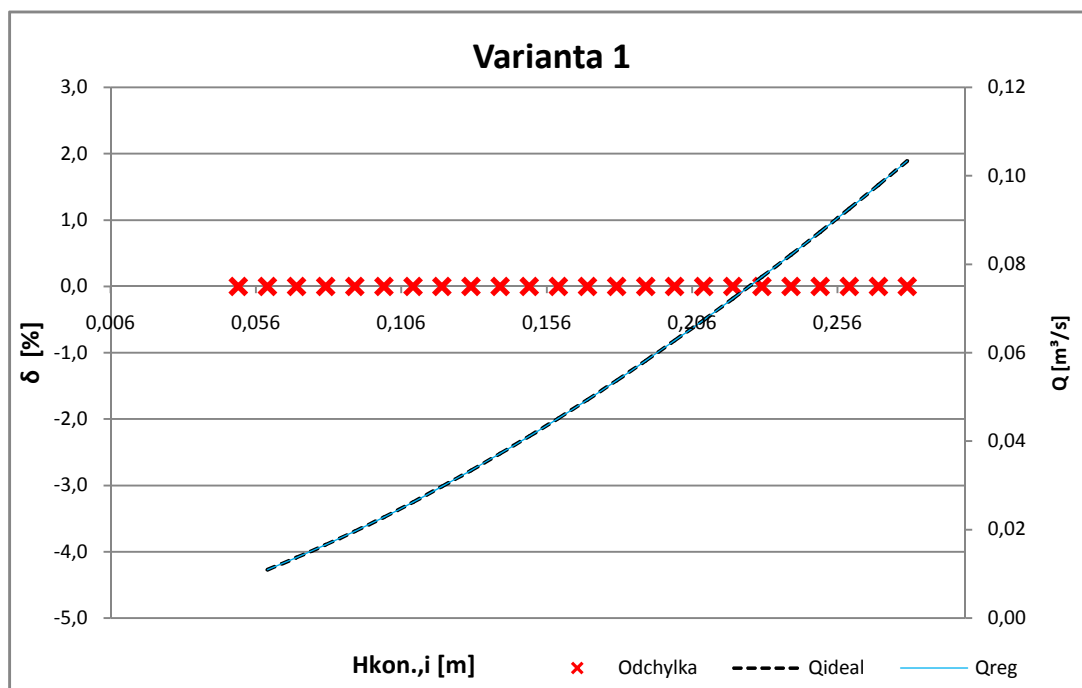
VARIANTA 1



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon.,i}$ [m]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]
0,0074	0,046	0,0074
0,0168	0,082	0,0170
0,0272	0,113	0,0272
0,0373	0,141	0,0376
0,0472	0,164	0,0468
0,0568	0,187	0,0567
0,0667	0,209	0,0668
0,0765	0,228	0,0763
0,0866	0,249	0,0867
0,0962	0,266	0,0960
0,1022	0,278	0,1024
0,1015	0,277	0,1016
0,0915	0,258	0,0913
0,0815	0,239	0,0818
0,0719	0,219	0,0716
0,0619	0,198	0,0618
0,0517	0,176	0,0519
0,0421	0,153	0,0423
0,0318	0,126	0,0319
0,0215	0,096	0,0215
0,0118	0,062	0,0116

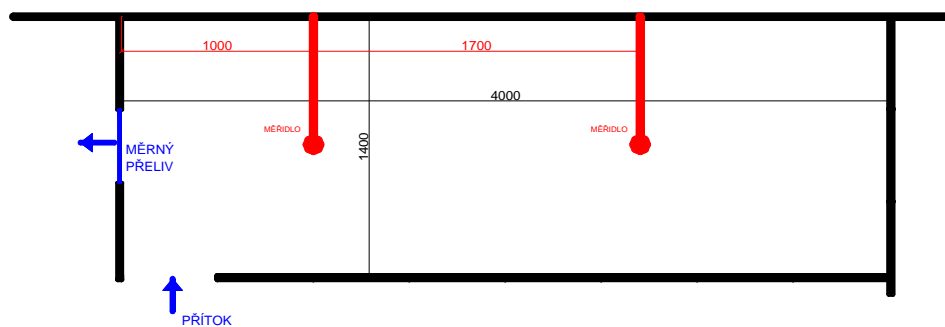
A =	0,694264
B =	1,575474
C =	0,024348
D =	-0,003181

H [m]	$Q_{i,ideal}$ [m ³ /s]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0084	0,0
0,06	0,0109	0,0109	0,0
0,07	0,0137	0,0137	0,0
0,08	0,0166	0,0166	0,0
0,09	0,0196	0,0196	0,0
0,1	0,0228	0,0228	0,0
0,11	0,0262	0,0262	0,0
0,12	0,0297	0,0297	0,0
0,13	0,0334	0,0334	0,0
0,14	0,0372	0,0372	0,0
0,15	0,0411	0,0411	0,0
0,16	0,0452	0,0452	0,0
0,17	0,0494	0,0494	0,0
0,18	0,0537	0,0537	0,0
0,19	0,0582	0,0582	0,0
0,2	0,0627	0,0627	0,0
0,21	0,0674	0,0674	0,0
0,22	0,0722	0,0722	0,0
0,23	0,0771	0,0771	0,0
0,24	0,0822	0,0822	0,0
0,25	0,0873	0,0873	0,0
0,26	0,0926	0,0926	0,0
0,27	0,0979	0,0979	0,0
0,28	0,1034	0,1034	0,0



Příloha 4

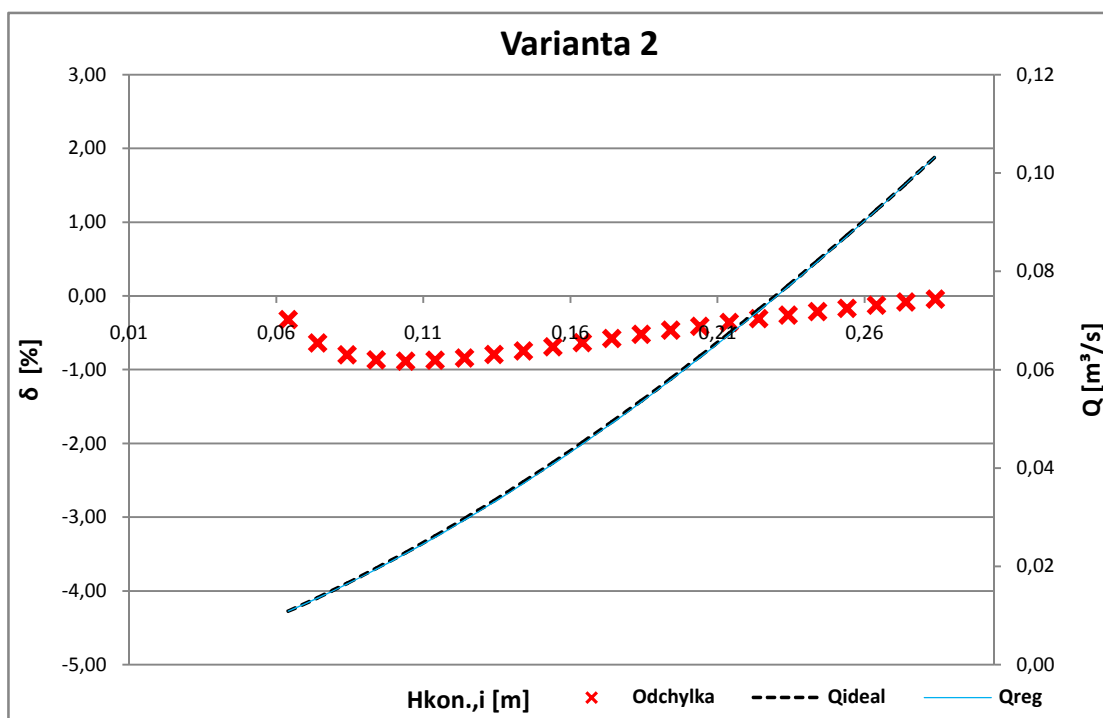
VARIANTA 2



Q_i [m^3/s]	$H_{\text{kon},i}$ [m]	$Q_{i,\text{reg}}$ [m^3/s]
0,0074	0,046	0,0075
0,0169	0,081	0,0168
0,0269	0,113	0,0270
0,0370	0,141	0,0373
0,0470	0,164	0,0465
0,0568	0,188	0,0569
0,0666	0,210	0,0670
0,0770	0,230	0,0769
0,0868	0,249	0,0867
0,0965	0,266	0,0958
0,1020	0,278	0,1021
0,1017	0,278	0,1023
0,0919	0,259	0,0918
0,0816	0,239	0,0816
0,0717	0,219	0,0713
0,0619	0,199	0,0621
0,0520	0,177	0,0521
0,0417	0,152	0,0418
0,0320	0,127	0,0320
0,0216	0,097	0,0216
0,0117	0,063	0,0116

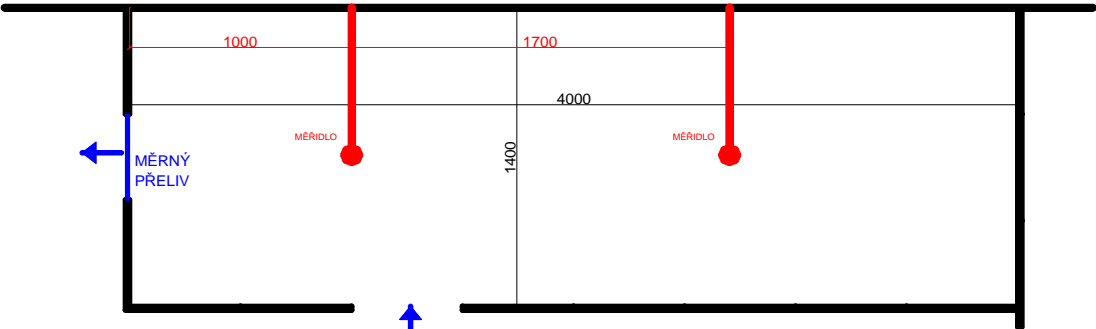
A =	0,70659
B =	1,57652
C =	0,01910
D =	-0,00205

H [m]	Q_{ideal} [m^3/s]	$Q_{i,\text{reg}}$ [m^3/s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0084	0,30
0,06	0,0109	0,0109	-0,32
0,07	0,0137	0,0136	-0,64
0,08	0,0166	0,0164	-0,80
0,09	0,0196	0,0194	-0,87
0,10	0,0228	0,0226	-0,89
0,11	0,0262	0,0260	-0,87
0,12	0,0297	0,0295	-0,84
0,13	0,0334	0,0331	-0,79
0,14	0,0372	0,0369	-0,74
0,15	0,0411	0,0408	-0,69
0,16	0,0452	0,0449	-0,63
0,17	0,0494	0,0491	-0,58
0,18	0,0537	0,0534	-0,52
0,19	0,0582	0,0579	-0,46
0,20	0,0627	0,0625	-0,41
0,21	0,0674	0,0672	-0,36
0,22	0,0722	0,0720	-0,31
0,23	0,0771	0,0769	-0,26
0,24	0,0822	0,0820	-0,21
0,25	0,0873	0,0872	-0,17
0,26	0,0926	0,0924	-0,12
0,27	0,0979	0,0978	-0,08
0,28	0,1034	0,1033	-0,04



Příloha 5

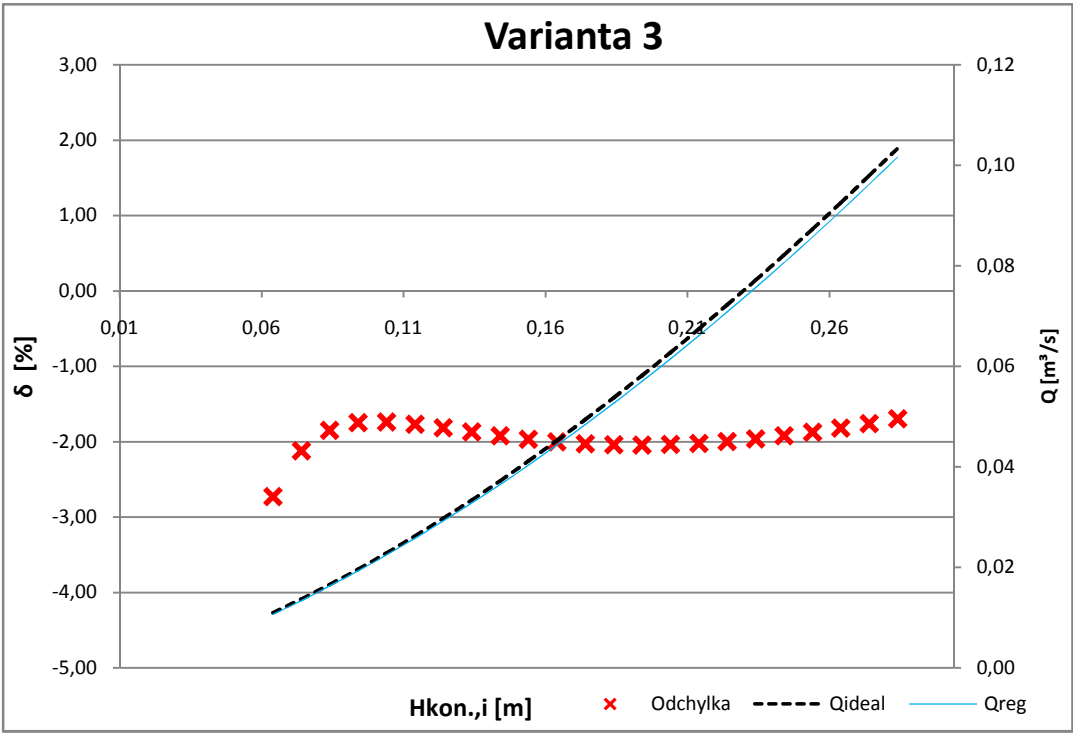
VARIANTA 3



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]
0,0074	0,047	0,0073
0,0170	0,083	0,0171
0,0273	0,114	0,0271
0,0370	0,141	0,0368
0,0470	0,166	0,0467
0,0567	0,189	0,0566
0,0664	0,210	0,0663
0,0771	0,233	0,0771
0,0866	0,252	0,0869
0,0970	0,270	0,0964
0,1035	0,283	0,1035
0,1035	0,283	0,1035
0,0917	0,263	0,0922
0,0814	0,242	0,0816
0,0721	0,222	0,0719
0,0619	0,202	0,0623
0,0520	0,179	0,0520
0,0417	0,154	0,0418
0,0317	0,127	0,0317
0,0215	0,098	0,0218
0,0119	0,065	0,0119

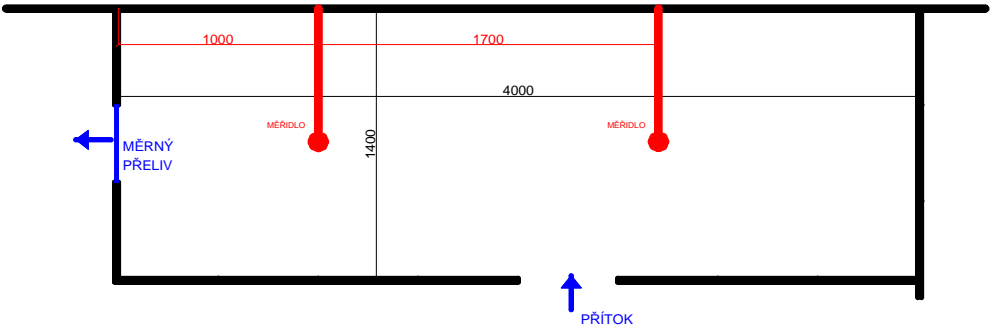
A =	0,68464
B =	1,72695
C =	0,06823
D =	-0,00908

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0081	-4,05
0,06	0,0109	0,0106	-2,73
0,07	0,0137	0,0134	-2,12
0,08	0,0166	0,0163	-1,85
0,09	0,0196	0,0193	-1,75
0,10	0,0228	0,0224	-1,74
0,11	0,0262	0,0257	-1,77
0,12	0,0297	0,0292	-1,82
0,13	0,0334	0,0328	-1,87
0,14	0,0372	0,0365	-1,92
0,15	0,0411	0,0403	-1,97
0,16	0,0452	0,0443	-2,00
0,17	0,0494	0,0484	-2,03
0,18	0,0537	0,0526	-2,04
0,19	0,0582	0,0570	-2,05
0,20	0,0627	0,0615	-2,04
0,21	0,0674	0,0661	-2,02
0,22	0,0722	0,0708	-2,00
0,23	0,0771	0,0756	-1,97
0,24	0,0822	0,0806	-1,92
0,25	0,0873	0,0857	-1,88
0,26	0,0926	0,0909	-1,82
0,27	0,0979	0,0962	-1,76
0,28	0,1034	0,1017	-1,70



Příloha 6

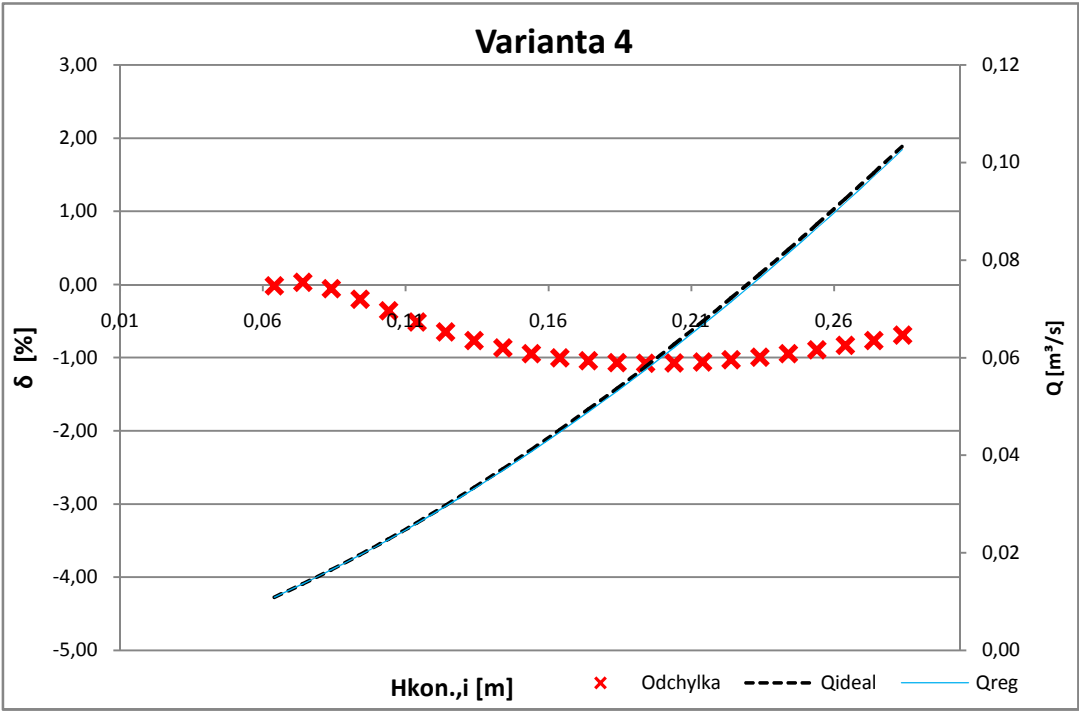
VARIANTA 4



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon.,i}$ [m]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]
0,0074	0,046	0,0073
0,0168	0,081	0,0167
0,0269	0,113	0,0271
0,0372	0,141	0,0374
0,0469	0,165	0,0468
0,0571	0,189	0,0569
0,0667	0,211	0,0670
0,0764	0,229	0,0759
0,0865	0,249	0,0861
0,0959	0,268	0,0963
0,1016	0,278	0,1014
0,1007	0,278	0,1013
0,0915	0,259	0,0913
0,0817	0,241	0,0817
0,0718	0,219	0,0712
0,0618	0,200	0,0619
0,0521	0,178	0,0522
0,0421	0,154	0,0423
0,0319	0,127	0,0320
0,0215	0,097	0,0217
0,0118	0,063	0,0117

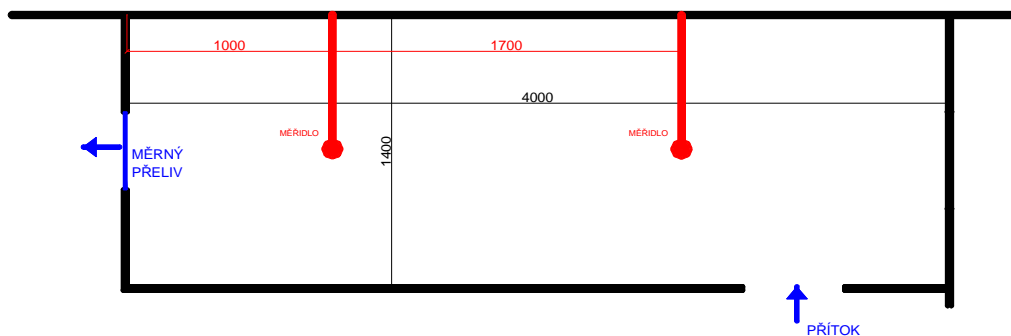
A =	0,69762
B =	1,72714
C =	0,06484
D =	-0,00825

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0084	-0,40
0,06	0,0109	0,0109	-0,02
0,07	0,0137	0,0137	0,03
0,08	0,0166	0,0165	-0,06
0,09	0,0196	0,0196	-0,20
0,10	0,0228	0,0227	-0,36
0,11	0,0262	0,0261	-0,51
0,12	0,0297	0,0295	-0,65
0,13	0,0334	0,0331	-0,77
0,14	0,0372	0,0369	-0,86
0,15	0,0411	0,0407	-0,94
0,16	0,0452	0,0447	-1,00
0,17	0,0494	0,0489	-1,04
0,18	0,0537	0,0531	-1,07
0,19	0,0582	0,0575	-1,08
0,20	0,0627	0,0621	-1,07
0,21	0,0674	0,0667	-1,06
0,22	0,0722	0,0715	-1,03
0,23	0,0771	0,0764	-0,99
0,24	0,0822	0,0814	-0,95
0,25	0,0873	0,0865	-0,89
0,26	0,0926	0,0918	-0,83
0,27	0,0979	0,0972	-0,76
0,28	0,1034	0,1027	-0,69



Příloha 7

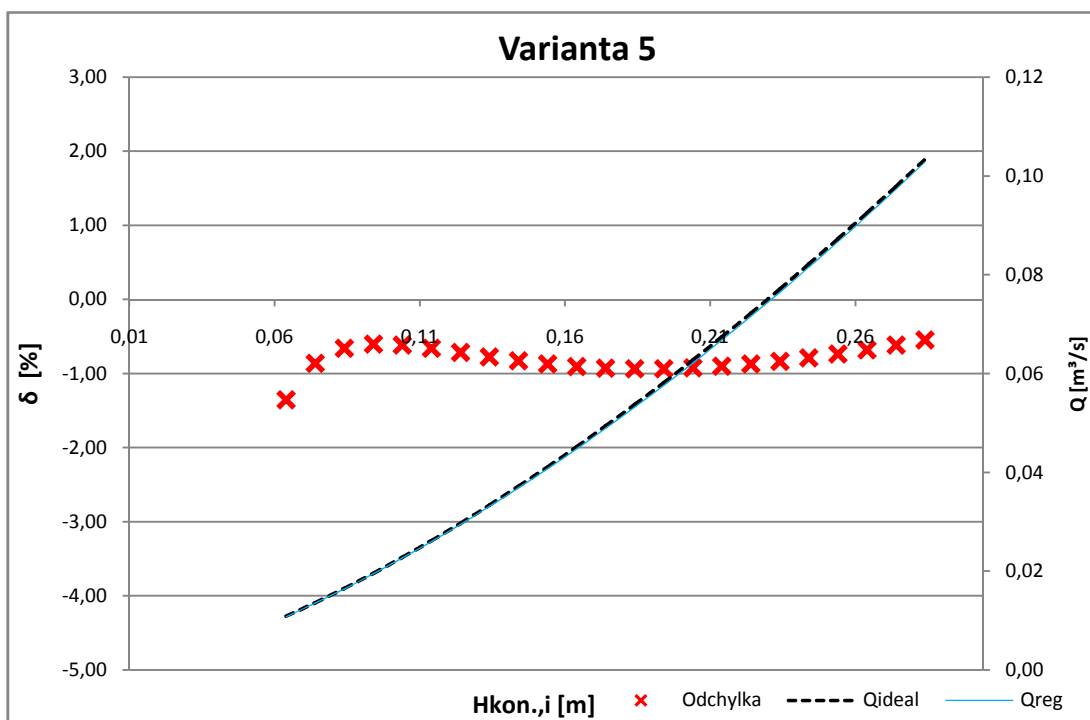
VARIANTA 5



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]
0,0075	0,047	0,0073
0,0169	0,082	0,0170
0,0272	0,114	0,0274
0,0366	0,139	0,0366
0,0473	0,165	0,0469
0,0568	0,188	0,0566
0,0664	0,209	0,0664
0,0763	0,229	0,0759
0,0866	0,250	0,0865
0,0968	0,268	0,0963
0,1030	0,281	0,1032
0,1016	0,279	0,1021
0,0920	0,260	0,0917
0,0817	0,241	0,0821
0,0718	0,220	0,0718
0,0618	0,200	0,0621
0,0522	0,178	0,0523
0,0418	0,153	0,0420
0,0320	0,127	0,0320
0,0218	0,099	0,0223
0,0119	0,063	0,0116

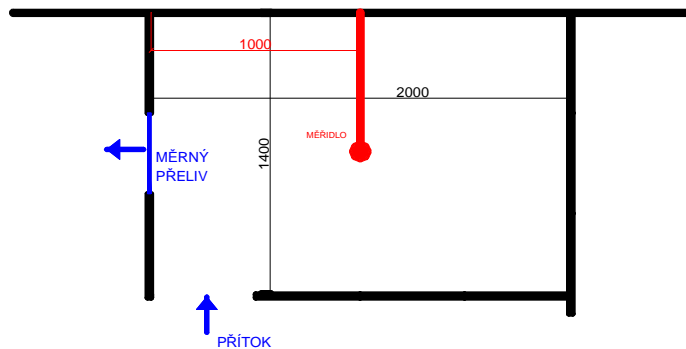
A =	0,69491
B =	1,72462
C =	0,06640
D =	-0,00884

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0082	-2,47
0,06	0,0109	0,0108	-1,35
0,07	0,0137	0,0135	-0,86
0,08	0,0166	0,0164	-0,66
0,09	0,0196	0,0195	-0,60
0,10	0,0228	0,0227	-0,61
0,11	0,0262	0,0260	-0,66
0,12	0,0297	0,0295	-0,72
0,13	0,0334	0,0331	-0,77
0,14	0,0372	0,0369	-0,83
0,15	0,0411	0,0408	-0,87
0,16	0,0452	0,0448	-0,90
0,17	0,0494	0,0489	-0,92
0,18	0,0537	0,0532	-0,93
0,19	0,0582	0,0576	-0,93
0,20	0,0627	0,0622	-0,92
0,21	0,0674	0,0668	-0,90
0,22	0,0722	0,0716	-0,87
0,23	0,0771	0,0765	-0,83
0,24	0,0822	0,0815	-0,79
0,25	0,0873	0,0867	-0,74
0,26	0,0926	0,0919	-0,68
0,27	0,0979	0,0973	-0,61
0,28	0,1034	0,1028	-0,55



Příloha 8

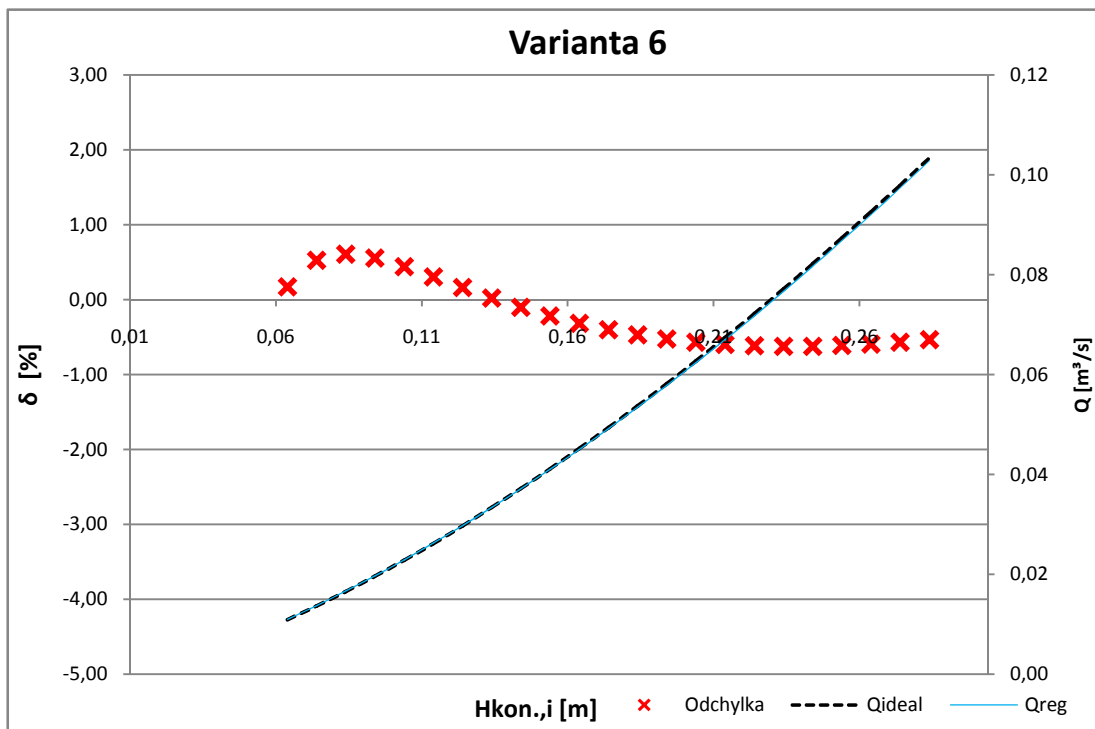
VARIANTA 6



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]
0,0074	0,046	0,0073
0,0168	0,080	0,0168
0,0270	0,113	0,0272
0,0370	0,140	0,0373
0,0468	0,164	0,0468
0,0569	0,188	0,0570
0,0666	0,209	0,0664
0,0763	0,229	0,0763
0,0869	0,249	0,0864
0,0962	0,268	0,0960
0,1017	0,279	0,1020
0,1010	0,277	0,1010
0,0918	0,260	0,0919
0,0816	0,240	0,0819
0,0717	0,220	0,0718
0,0621	0,199	0,0618
0,0517	0,176	0,0516
0,0421	0,152	0,0419
0,0319	0,126	0,0319
0,0217	0,097	0,0219
0,0119	0,063	0,0117

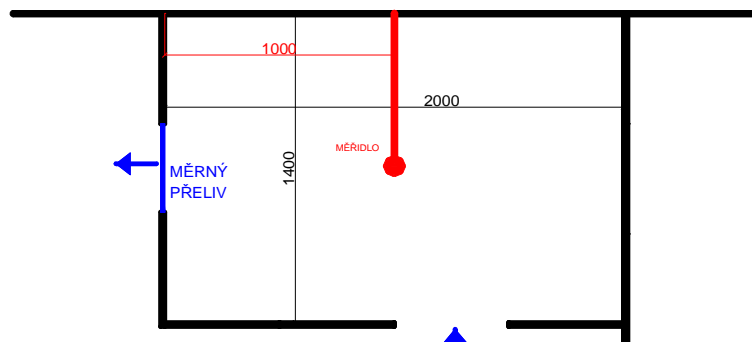
A =	0,68420
B =	1,72164
C =	0,07007
D =	-0,00947

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0083	-0,78
0,06	0,0109	0,0109	0,17
0,07	0,0137	0,0137	0,53
0,08	0,0166	0,0167	0,61
0,09	0,0196	0,0197	0,56
0,10	0,0228	0,0229	0,44
0,11	0,0262	0,0263	0,30
0,12	0,0297	0,0298	0,16
0,13	0,0334	0,0334	0,02
0,14	0,0372	0,0371	-0,10
0,15	0,0411	0,0410	-0,22
0,16	0,0452	0,0450	-0,32
0,17	0,0494	0,0492	-0,40
0,18	0,0537	0,0535	-0,47
0,19	0,0582	0,0579	-0,52
0,20	0,0627	0,0624	-0,57
0,21	0,0674	0,0670	-0,60
0,22	0,0722	0,0718	-0,61
0,23	0,0771	0,0767	-0,62
0,24	0,0822	0,0817	-0,62
0,25	0,0873	0,0868	-0,61
0,26	0,0926	0,0920	-0,59
0,27	0,0979	0,0974	-0,57
0,28	0,1034	0,1028	-0,53



Příloha 9

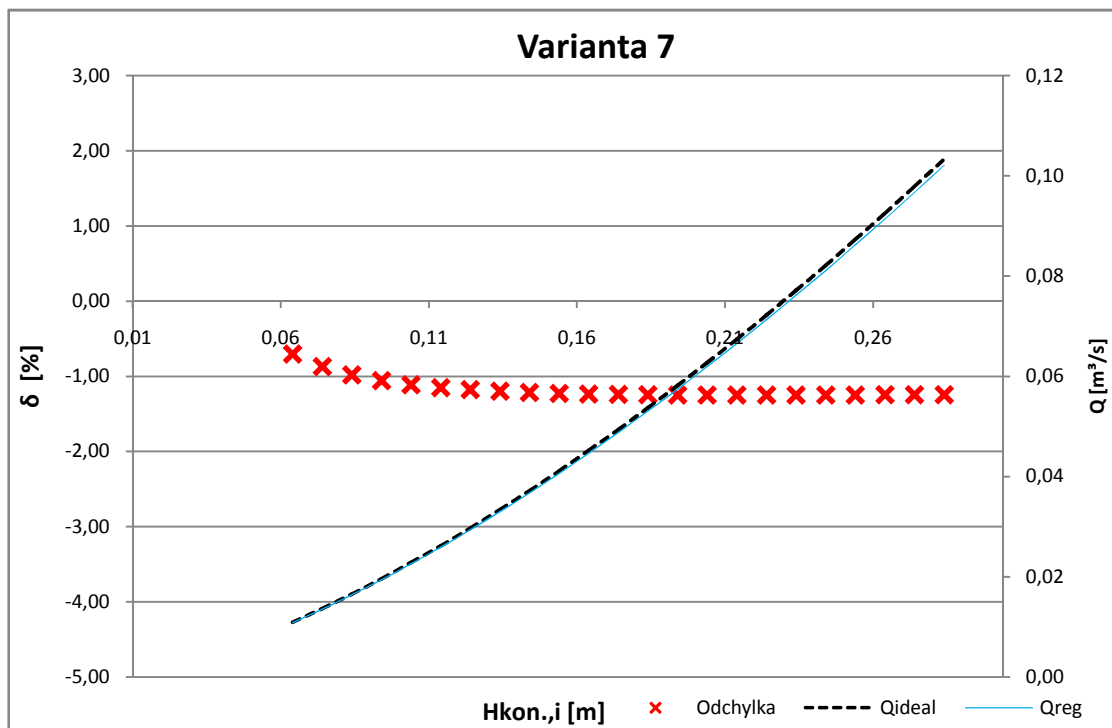
VARIANTA 7



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]
0,0074	0,046	0,0074
0,0169	0,081	0,0167
0,0273	0,114	0,0272
0,0370	0,141	0,0373
0,0469	0,165	0,0465
0,0570	0,190	0,0573
0,0664	0,210	0,0665
0,0762	0,230	0,0760
0,0865	0,250	0,0860
0,0969	0,270	0,0969
0,1014	0,279	0,1015
0,1006	0,278	0,1010
0,0914	0,260	0,0913
0,0811	0,239	0,0808
0,0717	0,221	0,0719
0,0620	0,200	0,0620
0,0520	0,178	0,0522
0,0418	0,153	0,0417
0,0317	0,127	0,0318
0,0215	0,097	0,0216
0,0117	0,063	0,0116

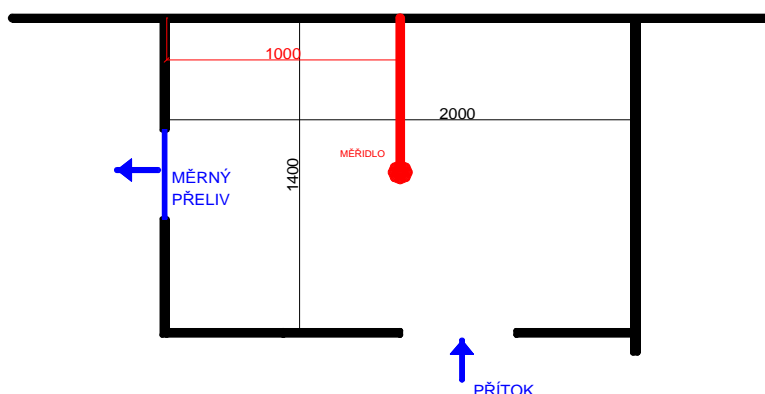
A =	0,68699
B =	1,57647
C =	0,02388
D =	-0,00295

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0084	-0,44
0,06	0,0109	0,0109	-0,71
0,07	0,0137	0,0135	-0,87
0,08	0,0166	0,0164	-0,98
0,09	0,0196	0,0194	-1,06
0,10	0,0228	0,0226	-1,11
0,11	0,0262	0,0259	-1,15
0,12	0,0297	0,0294	-1,18
0,13	0,0334	0,0330	-1,20
0,14	0,0372	0,0367	-1,21
0,15	0,0411	0,0406	-1,23
0,16	0,0452	0,0446	-1,23
0,17	0,0494	0,0488	-1,24
0,18	0,0537	0,0530	-1,24
0,19	0,0582	0,0574	-1,25
0,20	0,0627	0,0620	-1,25
0,21	0,0674	0,0666	-1,25
0,22	0,0722	0,0713	-1,25
0,23	0,0771	0,0762	-1,25
0,24	0,0822	0,0812	-1,25
0,25	0,0873	0,0862	-1,25
0,26	0,0926	0,0914	-1,25
0,27	0,0979	0,0967	-1,24
0,28	0,1034	0,1021	-1,24



Příloha 10

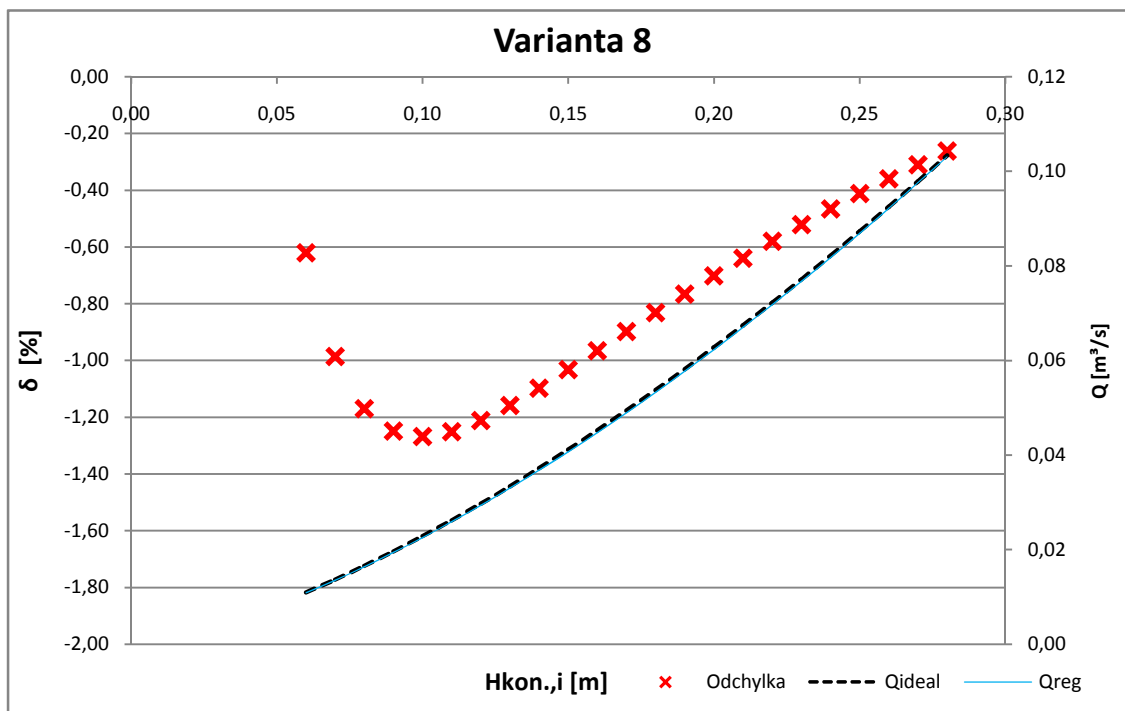
VARIANTA 8



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]
0,0075	0,047	0,0077
0,0169	0,082	0,0170
0,0272	0,114	0,0271
0,0370	0,141	0,0370
0,0471	0,166	0,0471
0,0569	0,188	0,0567
0,0666	0,210	0,0668
0,0769	0,230	0,0769
0,0860	0,249	0,0862
0,0957	0,267	0,0958
0,1006	0,275	0,1005
0,0998	0,274	0,0998
0,0919	0,259	0,0916
0,0820	0,241	0,0823
0,0718	0,220	0,0719
0,0613	0,198	0,0615
0,0520	0,177	0,0519
0,0419	0,153	0,0420
0,0319	0,127	0,0318
0,0217	0,097	0,0215
0,0118	0,063	0,0116

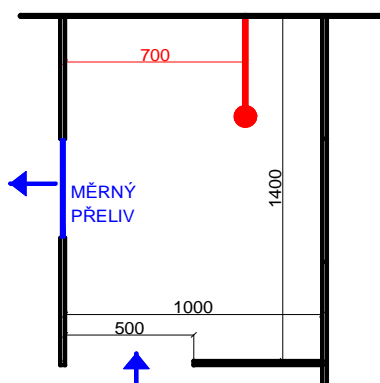
A =	0,70733
B =	1,57757
C =	0,01845
D =	-0,00189

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg.}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0084	0,09
0,06	0,0109	0,0109	-0,62
0,07	0,0137	0,0135	-0,99
0,08	0,0166	0,0164	-1,17
0,09	0,0196	0,0194	-1,25
0,10	0,0228	0,0225	-1,27
0,11	0,0262	0,0259	-1,25
0,12	0,0297	0,0294	-1,21
0,13	0,0334	0,0330	-1,16
0,14	0,0372	0,0368	-1,10
0,15	0,0411	0,0407	-1,03
0,16	0,0452	0,0448	-0,97
0,17	0,0494	0,0489	-0,90
0,18	0,0537	0,0533	-0,83
0,19	0,0582	0,0577	-0,77
0,20	0,0627	0,0623	-0,70
0,21	0,0674	0,0670	-0,64
0,22	0,0722	0,0718	-0,58
0,23	0,0771	0,0767	-0,52
0,24	0,0822	0,0818	-0,47
0,25	0,0873	0,0869	-0,41
0,26	0,0926	0,0922	-0,36
0,27	0,0979	0,0976	-0,31
0,28	0,1034	0,1031	-0,26



Příloha 11

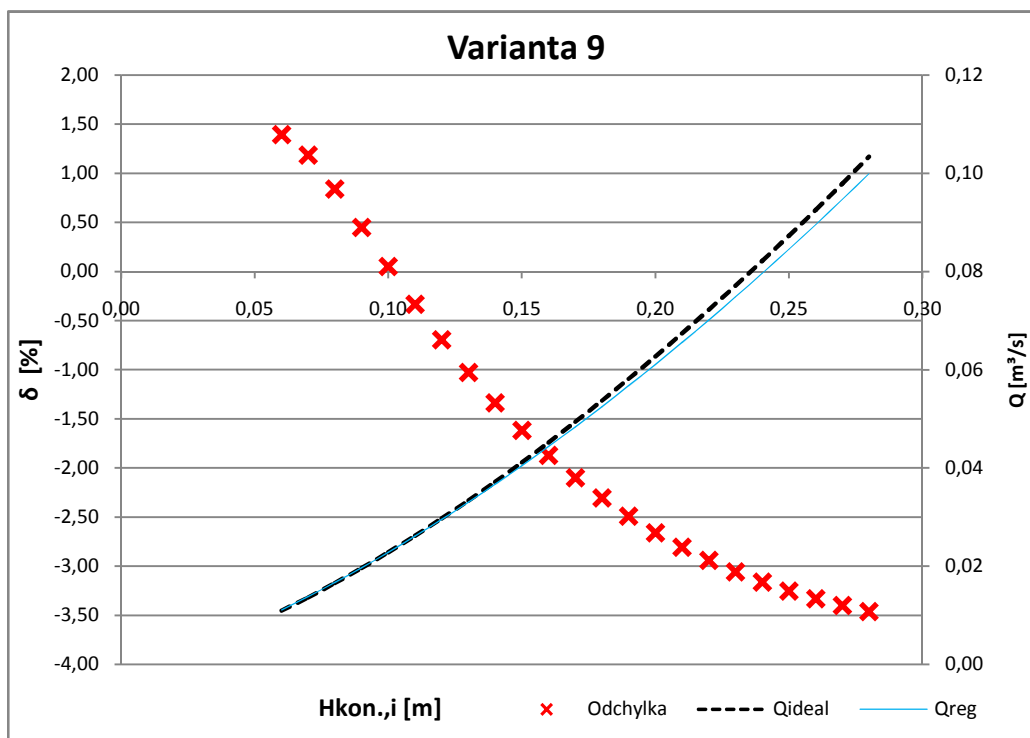
VARIANTA 9



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon.,i}$ [m]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]
0,0074	0,046	0,0075
0,0169	0,082	0,0171
0,0273	0,114	0,0274
0,0369	0,141	0,0370
0,0472	0,167	0,0470
0,0566	0,190	0,0565
0,0668	0,213	0,0671
0,0762	0,233	0,0764
0,0862	0,254	0,0864
0,0963	0,272	0,0960
0,1018	0,284	0,1018
0,1009	0,282	0,1012
0,0917	0,263	0,0912
0,0818	0,245	0,0819
0,0716	0,224	0,0719
0,0622	0,202	0,0620
0,0518	0,177	0,0514
0,0416	0,153	0,0417
0,0319	0,126	0,0317
0,0215	0,096	0,0214
0,0119	0,063	0,0118

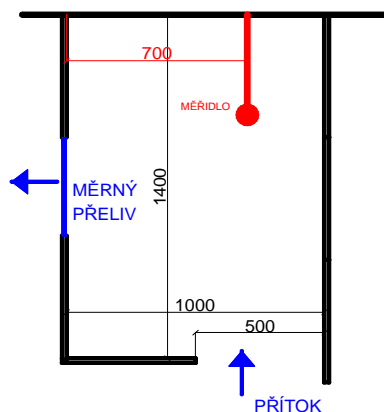
A =	0,64527
B =	1,68395
C =	0,06796
D =	-0,00915

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0085	1,27
0,06	0,0109	0,0111	1,39
0,07	0,0137	0,0138	1,19
0,08	0,0166	0,0167	0,84
0,09	0,0196	0,0197	0,45
0,10	0,0228	0,0228	0,05
0,11	0,0262	0,0261	-0,33
0,12	0,0297	0,0295	-0,69
0,13	0,0334	0,0330	-1,03
0,14	0,0372	0,0367	-1,34
0,15	0,0411	0,0405	-1,62
0,16	0,0452	0,0444	-1,87
0,17	0,0494	0,0484	-2,10
0,18	0,0537	0,0525	-2,31
0,19	0,0582	0,0567	-2,49
0,20	0,0627	0,0611	-2,66
0,21	0,0674	0,0656	-2,81
0,22	0,0722	0,0702	-2,94
0,23	0,0771	0,0748	-3,06
0,24	0,0822	0,0796	-3,16
0,25	0,0873	0,0846	-3,25
0,26	0,0926	0,0896	-3,33
0,27	0,0979	0,0947	-3,40
0,28	0,1034	0,0999	-3,46



Příloha 12

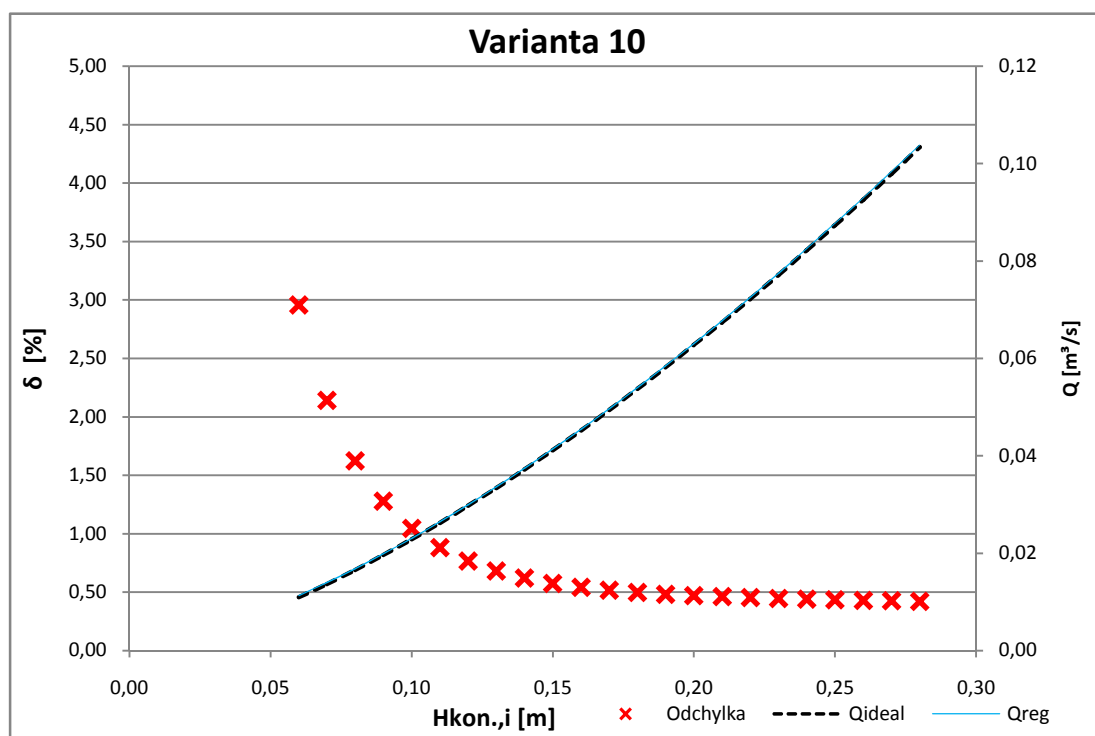
VARIANTA 10



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]
0,0075	0,045	0,0075
0,0168	0,081	0,0170
0,0272	0,113	0,0274
0,0375	0,139	0,0372
0,0469	0,163	0,0469
0,0565	0,187	0,0570
0,0666	0,208	0,0670
0,0765	0,228	0,0767
0,0863	0,248	0,0865
0,0964	0,266	0,0962
0,1016	0,276	0,1019
0,1019	0,276	0,1017
0,0920	0,258	0,0922
0,0818	0,238	0,0814
0,0718	0,218	0,0715
0,0622	0,198	0,0620
0,0520	0,175	0,0518
0,0417	0,151	0,0418
0,0322	0,126	0,0321
0,0217	0,096	0,0216
0,0119	0,062	0,0118

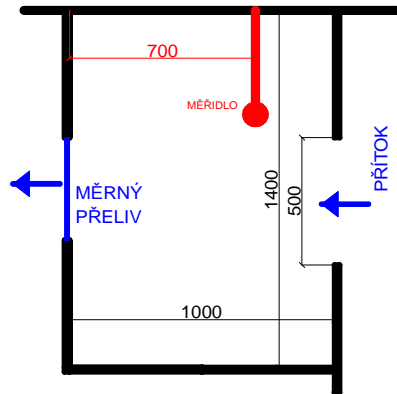
A =	0,70017
B =	1,55796
C =	0,01637
D =	-0,00147

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0088	4,30
0,06	0,0109	0,0113	2,96
0,07	0,0137	0,0140	2,14
0,08	0,0166	0,0168	1,62
0,09	0,0196	0,0199	1,28
0,10	0,0228	0,0231	1,04
0,11	0,0262	0,0264	0,88
0,12	0,0297	0,0299	0,76
0,13	0,0334	0,0336	0,68
0,14	0,0372	0,0374	0,62
0,15	0,0411	0,0414	0,58
0,16	0,0452	0,0454	0,54
0,17	0,0494	0,0496	0,52
0,18	0,0537	0,0540	0,50
0,19	0,0582	0,0584	0,48
0,20	0,0627	0,0630	0,47
0,21	0,0674	0,0677	0,46
0,22	0,0722	0,0725	0,45
0,23	0,0771	0,0775	0,45
0,24	0,0822	0,0825	0,44
0,25	0,0873	0,0877	0,43
0,26	0,0926	0,0930	0,43
0,27	0,0979	0,0983	0,42
0,28	0,1034	0,1038	0,42



Příloha 13

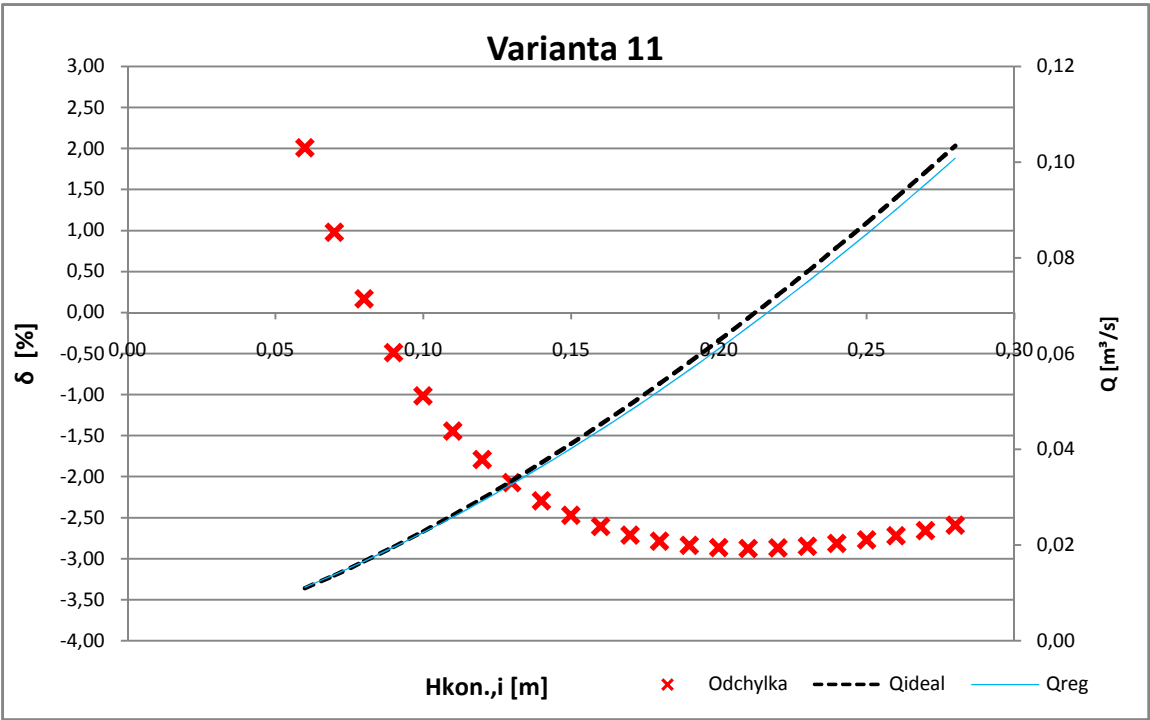
VARIANTA 11



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]
0,0075	0,045	0,0074
0,0167	0,081	0,0168
0,0268	0,113	0,0267
0,0373	0,141	0,0369
0,0471	0,168	0,0471
0,0569	0,192	0,0576
0,0667	0,211	0,0659
0,0767	0,233	0,0762
0,0867	0,252	0,0859
0,0965	0,272	0,0962
0,1009	0,280	0,1008
0,1008	0,282	0,1017
0,0923	0,262	0,0914
0,0815	0,245	0,0826
0,0720	0,223	0,0718
0,0614	0,203	0,0624
0,0520	0,181	0,0526
0,0418	0,154	0,0416
0,0320	0,128	0,0318
0,0216	0,097	0,0215
0,0119	0,063	0,0119

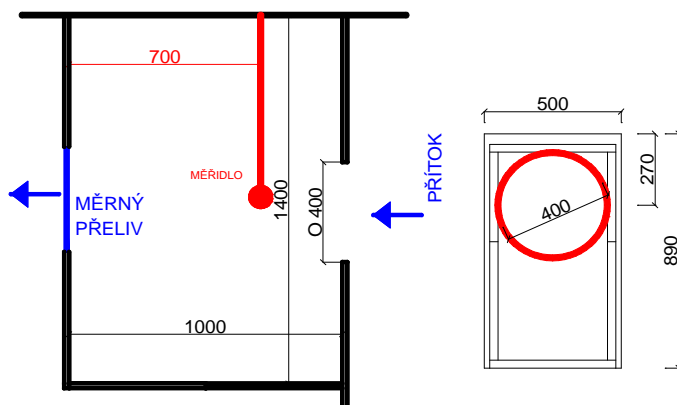
A =	0,69107
B =	1,71452
C =	0,05702
D =	-0,00630

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0087	3,33
0,06	0,0109	0,0112	2,01
0,07	0,0137	0,0138	0,98
0,08	0,0166	0,0166	0,17
0,09	0,0196	0,0195	-0,49
0,10	0,0228	0,0226	-1,02
0,11	0,0262	0,0258	-1,45
0,12	0,0297	0,0292	-1,79
0,13	0,0334	0,0327	-2,07
0,14	0,0372	0,0363	-2,30
0,15	0,0411	0,0401	-2,47
0,16	0,0452	0,0440	-2,61
0,17	0,0494	0,0481	-2,71
0,18	0,0537	0,0523	-2,79
0,19	0,0582	0,0566	-2,84
0,20	0,0627	0,0610	-2,87
0,21	0,0674	0,0655	-2,88
0,22	0,0722	0,0702	-2,87
0,23	0,0771	0,0750	-2,85
0,24	0,0822	0,0799	-2,82
0,25	0,0873	0,0850	-2,77
0,26	0,0926	0,0901	-2,72
0,27	0,0979	0,0954	-2,66
0,28	0,1034	0,1008	-2,59



Příloha 14

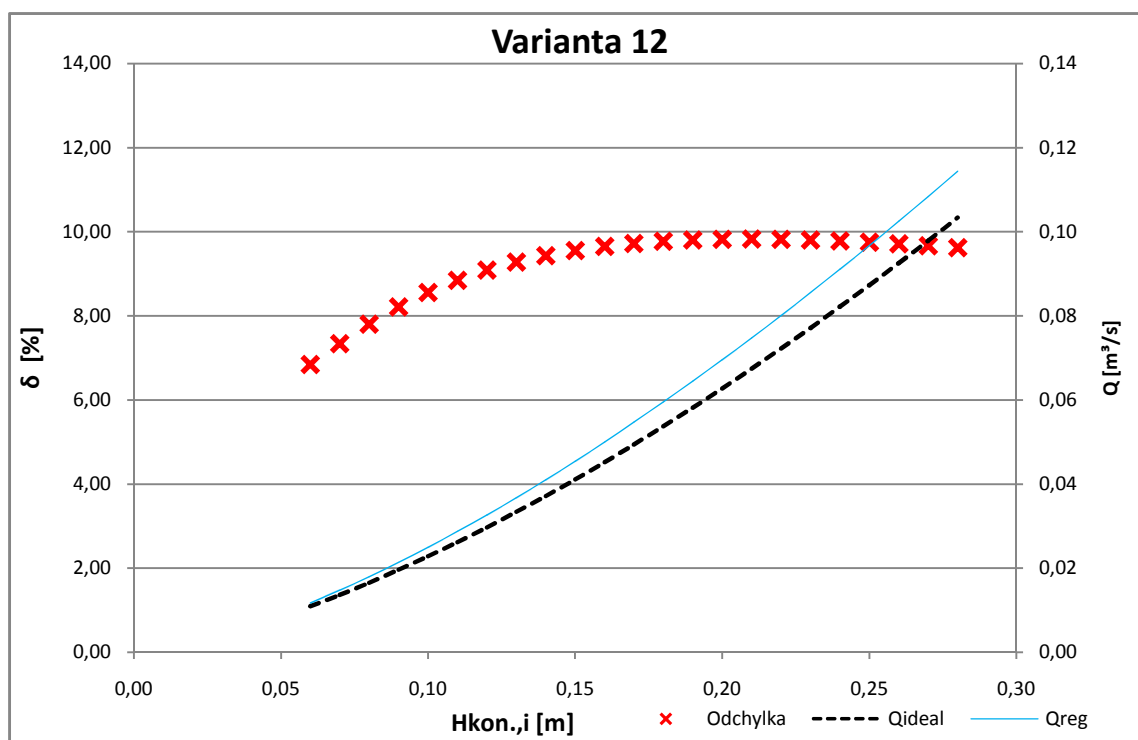
VARIANTA 12



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]
0,0075	0,044	0,0074
0,0168	0,078	0,0173
0,0271	0,107	0,0276
0,0372	0,131	0,0373
0,0472	0,154	0,0472
0,0568	0,176	0,0574
0,0659	0,192	0,0655
0,0766	0,212	0,0759
0,0867	0,238	0,0900
0,0963	0,244	0,0933
0,1020	0,238	0,0899
0,1008	0,239	0,0902
0,0911	0,235	0,0885
0,0818	0,220	0,0801
0,0721	0,209	0,0744
0,0617	0,184	0,0616
0,0523	0,163	0,0514
0,0420	0,140	0,0412
0,0316	0,118	0,0318
0,0216	0,091	0,0216
0,0118	0,061	0,0120

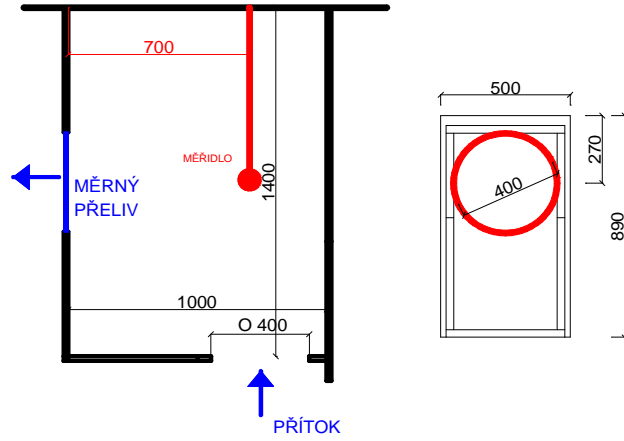
A =	7,51E-01
B =	1,47818
C =	0,00000
D =	0,00000

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0090	6,42
0,06	0,0109	0,0117	6,84
0,07	0,0137	0,0147	7,34
0,08	0,0166	0,0180	7,80
0,09	0,0196	0,0214	8,21
0,10	0,0228	0,0250	8,56
0,11	0,0262	0,0287	8,85
0,12	0,0297	0,0327	9,08
0,13	0,0334	0,0368	9,28
0,14	0,0372	0,0411	9,43
0,15	0,0411	0,0455	9,56
0,16	0,0452	0,0500	9,65
0,17	0,0494	0,0547	9,72
0,18	0,0537	0,0595	9,77
0,19	0,0582	0,0645	9,80
0,20	0,0627	0,0696	9,82
0,21	0,0674	0,0748	9,83
0,22	0,0722	0,0801	9,82
0,23	0,0771	0,0855	9,80
0,24	0,0822	0,0911	9,78
0,25	0,0873	0,0967	9,75
0,26	0,0926	0,1025	9,71
0,27	0,0979	0,1084	9,67
0,28	0,1034	0,1144	9,62



Příloha 15

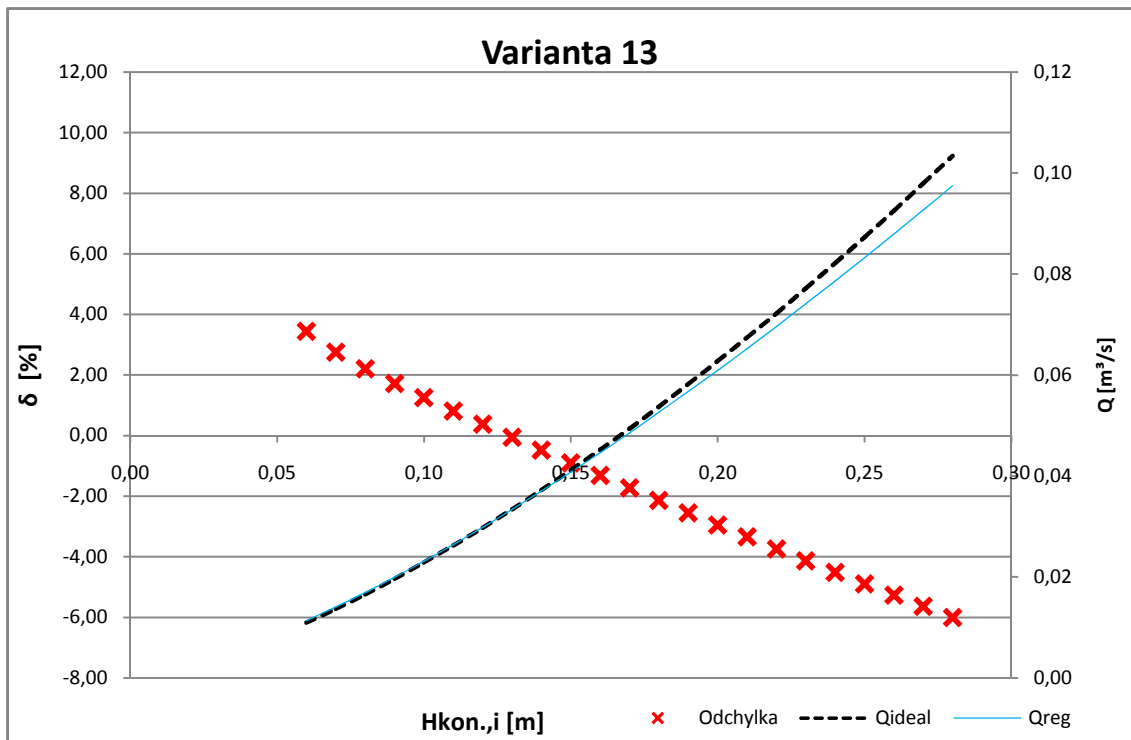
VARIANTA 13



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]
0,0075	0,045	0,0075
0,0170	0,081	0,0173
0,0271	0,112	0,0271
0,0371	0,141	0,0374
0,0468	0,165	0,0467
0,0568	0,189	0,0564
0,0663	0,212	0,0663
0,0767	0,234	0,0758
0,0851	0,229	0,0737
0,0899	0,226	0,0722
0,0815	0,248	0,0822
0,0717	0,227	0,0726
0,0622	0,202	0,0617
0,0523	0,179	0,0523
0,0415	0,151	0,0411
0,0319	0,126	0,0321
0,0215	0,095	0,0216
0,0119	0,063	0,0121

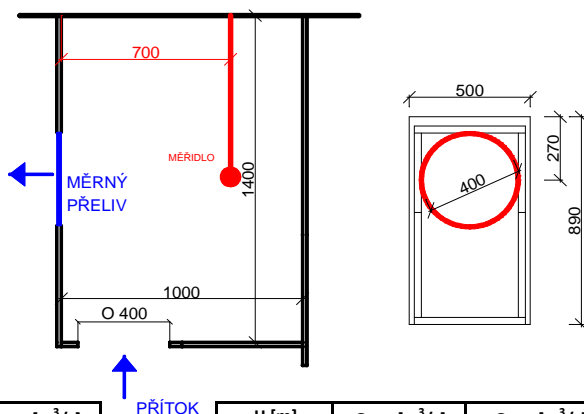
H [m]	$Q_{i,ideal}$ [m ³ /s]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0088	4,41
0,06	0,0109	0,0113	3,44
0,07	0,0137	0,0140	2,76
0,08	0,0166	0,0169	2,20
0,09	0,0196	0,0200	1,71
0,10	0,0228	0,0231	1,25
0,11	0,0262	0,0264	0,81
0,12	0,0297	0,0298	0,38
0,13	0,0334	0,0334	-0,05
0,14	0,0372	0,0370	-0,48
0,15	0,0411	0,0408	-0,90
0,16	0,0452	0,0446	-1,32
0,17	0,0494	0,0485	-1,73
0,18	0,0537	0,0526	-2,14
0,19	0,0582	0,0567	-2,55
0,20	0,0627	0,0609	-2,95
0,21	0,0674	0,0652	-3,35
0,22	0,0722	0,0696	-3,74
0,23	0,0771	0,0741	-4,13
0,24	0,0822	0,0786	-4,52
0,25	0,0873	0,0832	-4,90
0,26	0,0926	0,0879	-5,27
0,27	0,0979	0,0927	-5,64
0,28	0,1034	0,0975	-6,01

A =	5,78E-01
B =	1,39794
C =	0,00000
D =	0,00000



Příloha 16

VARIANTA 14

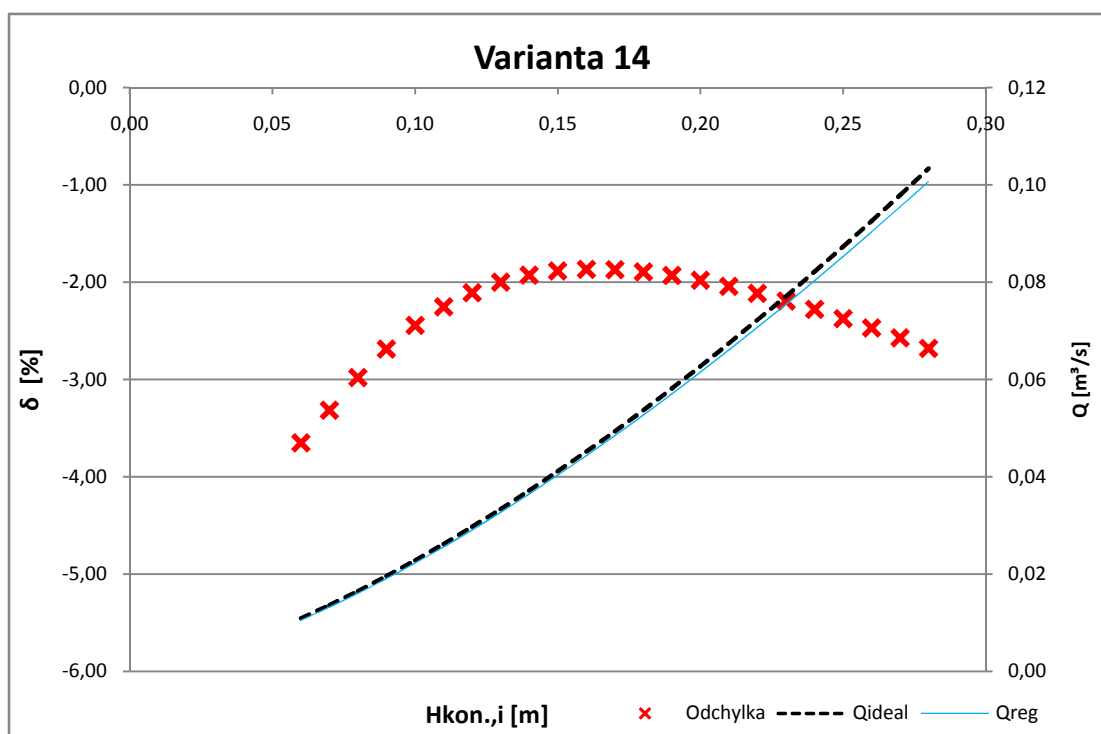


Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]
0,0073	0,044	0,0066
0,0168	0,081	0,0165
0,0270	0,113	0,0266
0,0370	0,140	0,0364
0,0470	0,167	0,0473
0,0567	0,189	0,0568
0,0667	0,212	0,0672
0,0764	0,235	0,0778
0,0859	0,242	0,0813
0,0819	0,244	0,0821
0,0720	0,227	0,0739
0,0623	0,204	0,0633
0,0519	0,181	0,0530
0,0421	0,154	0,0419
0,0318	0,127	0,0316
0,0215	0,096	0,0209
0,0118	0,063	0,0113

PŘÍTOK

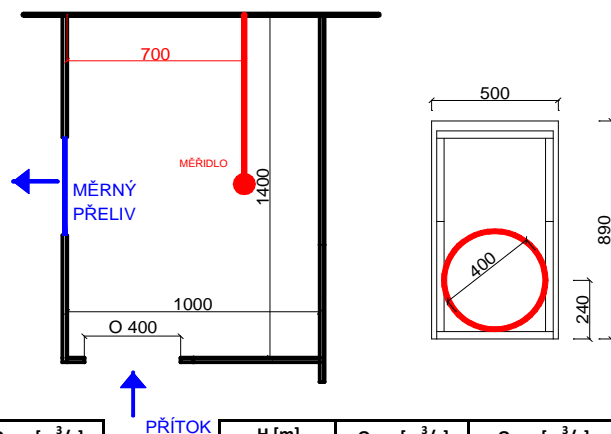
H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0081	-3,87
0,06	0,0109	0,0105	-3,65
0,07	0,0137	0,0132	-3,32
0,08	0,0166	0,0161	-2,98
0,09	0,0196	0,0191	-2,69
0,10	0,0228	0,0223	-2,44
0,11	0,0262	0,0256	-2,25
0,12	0,0297	0,0291	-2,11
0,13	0,0334	0,0327	-2,00
0,14	0,0372	0,0365	-1,93
0,15	0,0411	0,0404	-1,89
0,16	0,0452	0,0444	-1,87
0,17	0,0494	0,0485	-1,87
0,18	0,0537	0,0527	-1,89
0,19	0,0582	0,0571	-1,93
0,20	0,0627	0,0615	-1,98
0,21	0,0674	0,0661	-2,04
0,22	0,0722	0,0707	-2,11
0,23	0,0771	0,0755	-2,19
0,24	0,0822	0,0803	-2,28
0,25	0,0873	0,0853	-2,37
0,26	0,0926	0,0903	-2,47
0,27	0,0979	0,0955	-2,57
0,28	0,1034	0,1007	-2,68

A =	6,50E-01
B =	1,46466
C =	0,00000
D =	0,00000



Příloha 17

VARIANTA 15

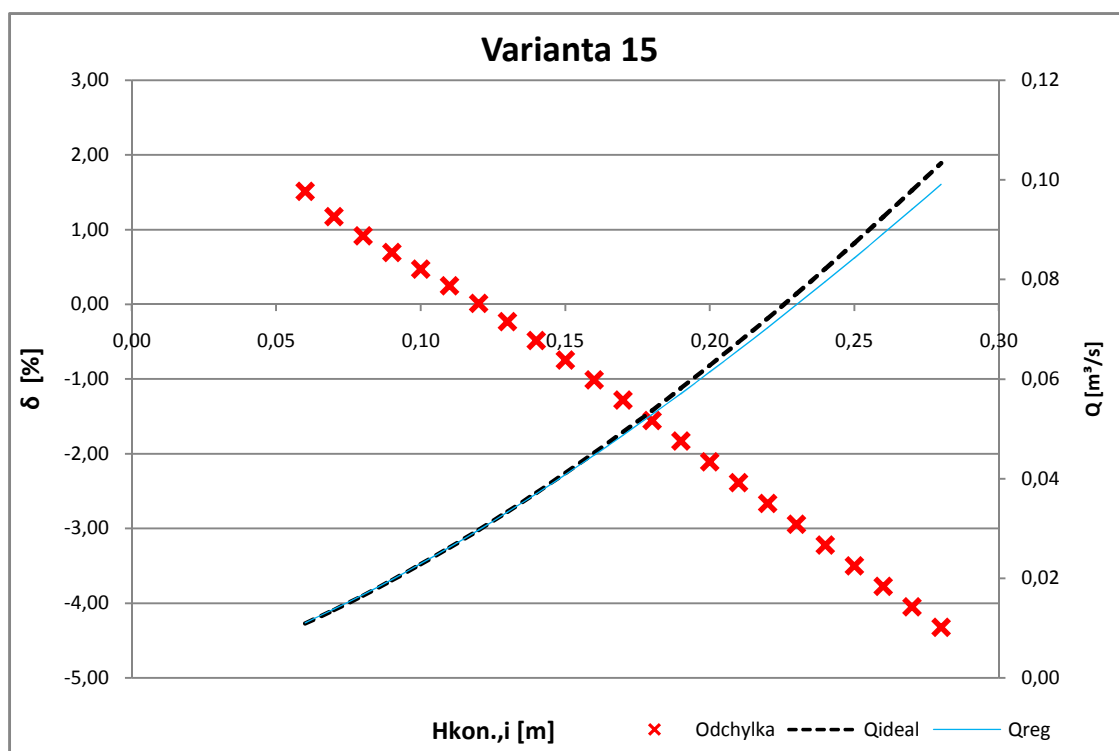


Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]
0,0074	0,044	0,0071
0,0168	0,080	0,0166
0,0272	0,112	0,0270
0,0373	0,140	0,0369
0,0468	0,166	0,0470
0,0572	0,191	0,0575
0,0662	0,211	0,0663
0,0765	0,235	0,0771
0,0816	0,242	0,0804
0,0719	0,225	0,0726
0,0618	0,201	0,0619
0,0521	0,176	0,0514
0,0419	0,153	0,0420
0,0319	0,127	0,0324
0,0217	0,097	0,0218
0,0119	0,063	0,0119

PŘÍTOK

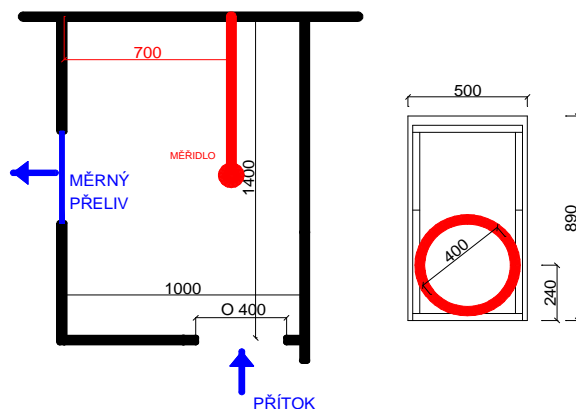
H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0086	2,09
0,06	0,0109	0,0111	1,51
0,07	0,0137	0,0138	1,17
0,08	0,0166	0,0167	0,92
0,09	0,0196	0,0197	0,69
0,10	0,0228	0,0229	0,47
0,11	0,0262	0,0263	0,25
0,12	0,0297	0,0297	0,01
0,13	0,0334	0,0333	-0,23
0,14	0,0372	0,0370	-0,48
0,15	0,0411	0,0408	-0,74
0,16	0,0452	0,0447	-1,01
0,17	0,0494	0,0488	-1,28
0,18	0,0537	0,0529	-1,55
0,19	0,0582	0,0571	-1,83
0,20	0,0627	0,0614	-2,11
0,21	0,0674	0,0658	-2,39
0,22	0,0722	0,0703	-2,67
0,23	0,0771	0,0749	-2,94
0,24	0,0822	0,0796	-3,22
0,25	0,0873	0,0844	-3,50
0,26	0,0926	0,0892	-3,78
0,27	0,0979	0,0941	-4,05
0,28	0,1034	0,0991	-4,32

A =	6,05E-01
B =	1,42116
C =	0,00000
D =	0,00000



Příloha 18

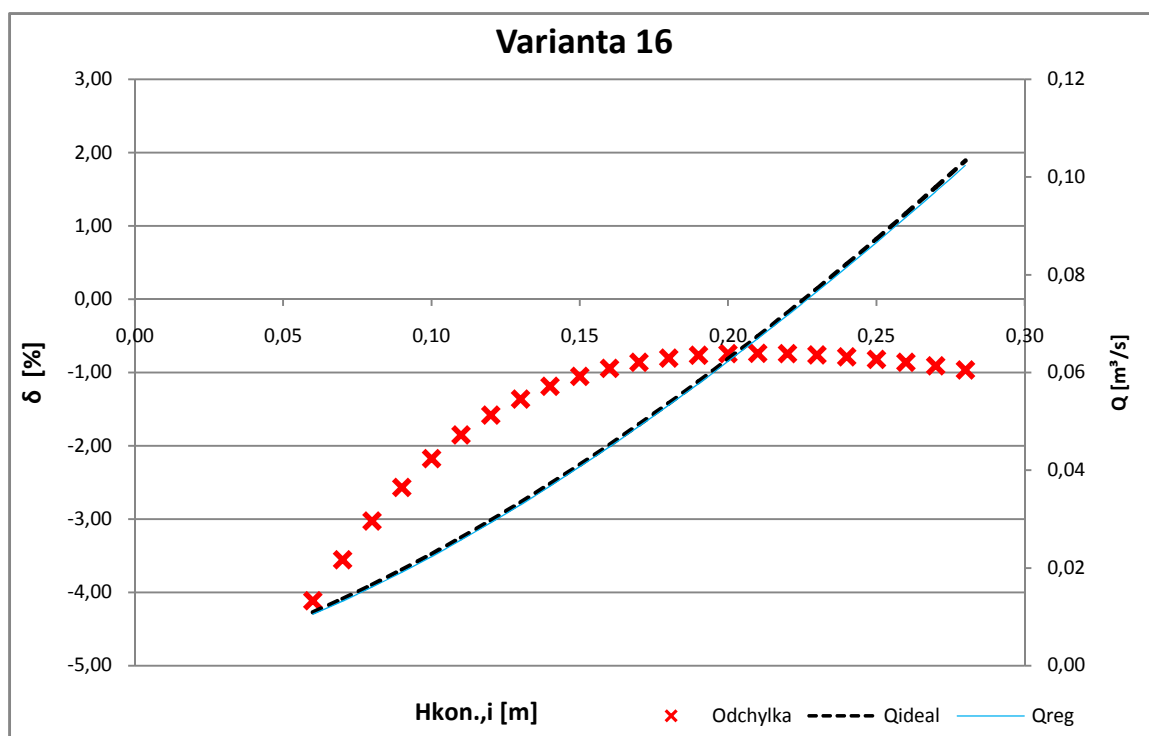
VARIANTA 16



Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]
0,0075	0,046	0,0070
0,0168	0,081	0,0165
0,0272	0,112	0,0265
0,0373	0,142	0,0374
0,0472	0,167	0,0477
0,0568	0,189	0,0573
0,0666	0,210	0,0671
0,0768	0,231	0,0772
0,0865	0,246	0,0844
0,0820	0,242	0,0823
0,0718	0,221	0,0721
0,0618	0,201	0,0625
0,0517	0,177	0,0519
0,0419	0,152	0,0415
0,0319	0,127	0,0318
0,0216	0,097	0,0215
0,0118	0,063	0,0113

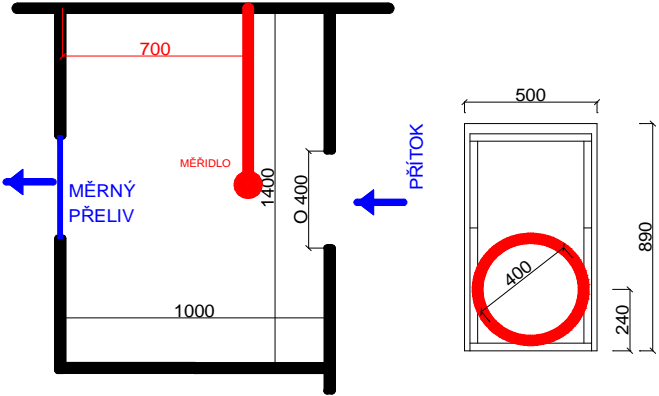
H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0080	-4,59
0,06	0,0109	0,0105	-4,11
0,07	0,0137	0,0132	-3,55
0,08	0,0166	0,0161	-3,03
0,09	0,0196	0,0191	-2,57
0,10	0,0228	0,0223	-2,18
0,11	0,0262	0,0257	-1,85
0,12	0,0297	0,0293	-1,58
0,13	0,0334	0,0329	-1,37
0,14	0,0372	0,0367	-1,19
0,15	0,0411	0,0407	-1,05
0,16	0,0452	0,0448	-0,94
0,17	0,0494	0,0490	-0,86
0,18	0,0537	0,0533	-0,81
0,19	0,0582	0,0577	-0,77
0,20	0,0627	0,0623	-0,75
0,21	0,0674	0,0669	-0,74
0,22	0,0722	0,0717	-0,74
0,23	0,0771	0,0766	-0,76
0,24	0,0822	0,0815	-0,79
0,25	0,0873	0,0866	-0,82
0,26	0,0926	0,0918	-0,86
0,27	0,0979	0,0970	-0,91
0,28	0,1034	0,1024	-0,97

A =	6,72E-01
B =	1,47846
C =	0,00000
D =	0,00000



Příloha 19

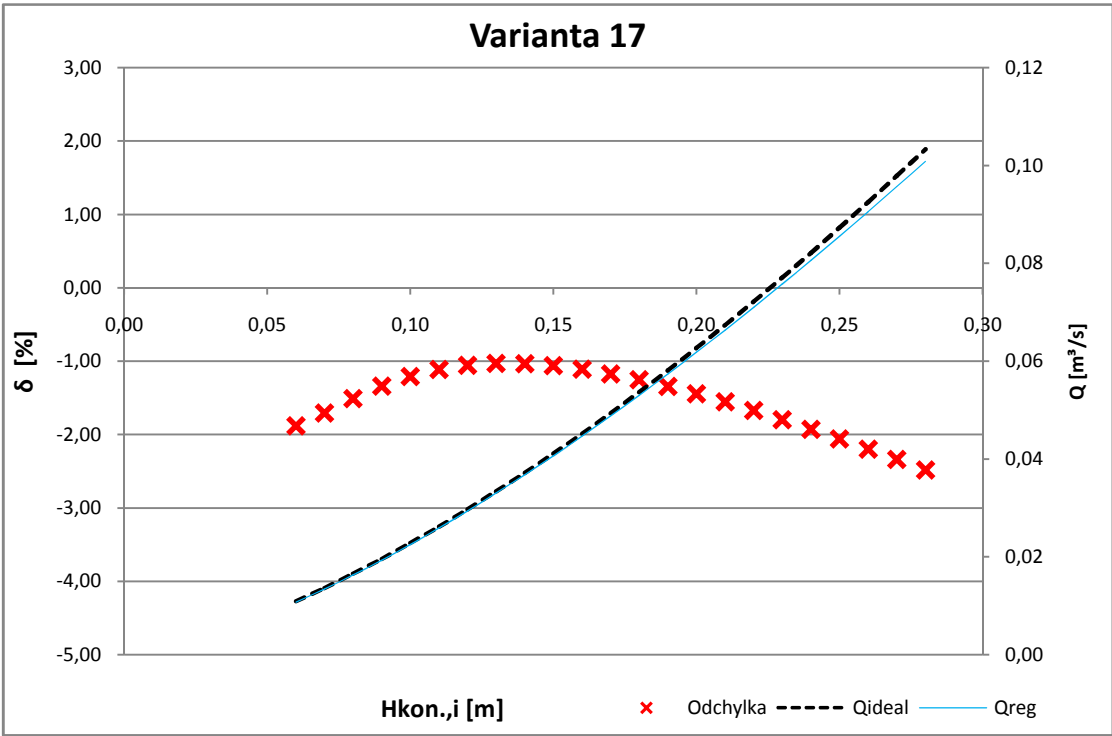
VARIANTA 17

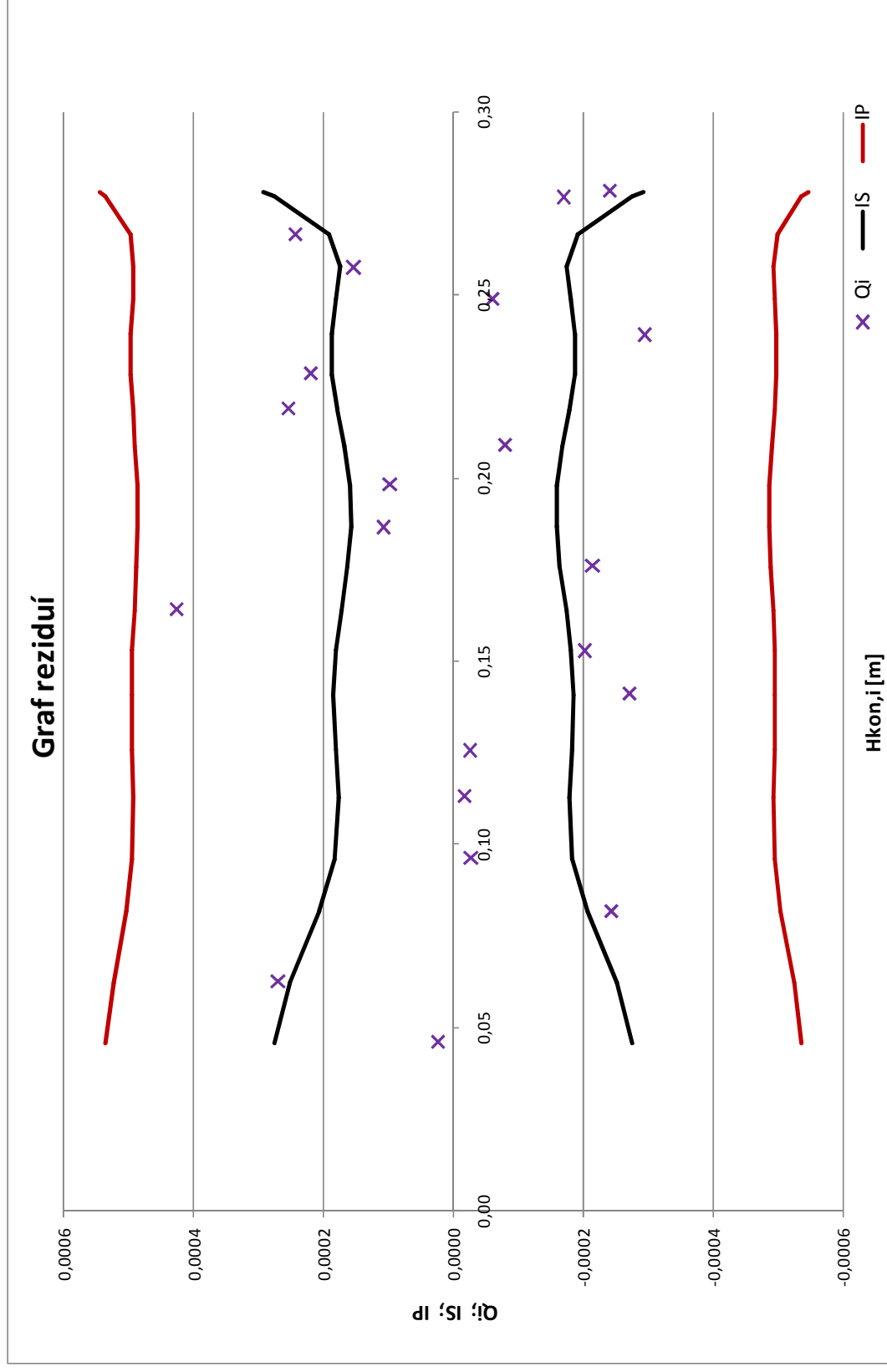


Q_i [m ³ /s]	$H_{kon,i}$ [m]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]
0,0075	0,045	0,0070
0,0168	0,081	0,0165
0,0273	0,112	0,0265
0,0373	0,141	0,0371
0,0470	0,166	0,0473
0,0568	0,190	0,0573
0,0665	0,212	0,0672
0,0763	0,232	0,0766
0,0865	0,248	0,0845
0,0813	0,243	0,0820
0,0723	0,223	0,0726
0,0622	0,201	0,0623
0,0519	0,178	0,0520
0,0418	0,153	0,0420
0,0321	0,128	0,0323
0,0218	0,097	0,0216
0,0117	0,062	0,0113

H [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	$Q_{i,reg}$ [m ³ /s]	δ [%]
0,05	0,0084	0,0082	-1,91
0,06	0,0109	0,0107	-1,88
0,07	0,0137	0,0134	-1,71
0,08	0,0166	0,0163	-1,51
0,09	0,0196	0,0194	-1,34
0,10	0,0228	0,0226	-1,21
0,11	0,0262	0,0259	-1,11
0,12	0,0297	0,0294	-1,05
0,13	0,0334	0,0330	-1,03
0,14	0,0372	0,0368	-1,03
0,15	0,0411	0,0407	-1,06
0,16	0,0452	0,0447	-1,11
0,17	0,0494	0,0488	-1,17
0,18	0,0537	0,0530	-1,25
0,19	0,0582	0,0574	-1,34
0,20	0,0627	0,0618	-1,44
0,21	0,0674	0,0664	-1,55
0,22	0,0722	0,0710	-1,67
0,23	0,0771	0,0758	-1,80
0,24	0,0822	0,0806	-1,93
0,25	0,0873	0,0855	-2,06
0,26	0,0926	0,0906	-2,20
0,27	0,0979	0,0957	-2,34
0,28	0,1034	0,1009	-2,48

A =	6,43E-01
B =	1,45472
C =	0,00000
D =	0,00000





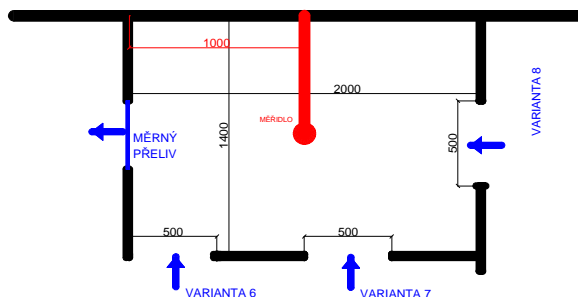
Příloha 20 - Grafické znázornění hodnoty nejistoty měření průtoku pro „ideální“ Q/H charakteristiku,

IS-pás spolehlivosti pro střední funkční hodnoty regresní funkce na hladině spolehlivosti 95 %, IP-pás spolehlivosti pro individuální hodnoty rozptylu reziduí na hladině spolehlivosti 95 %

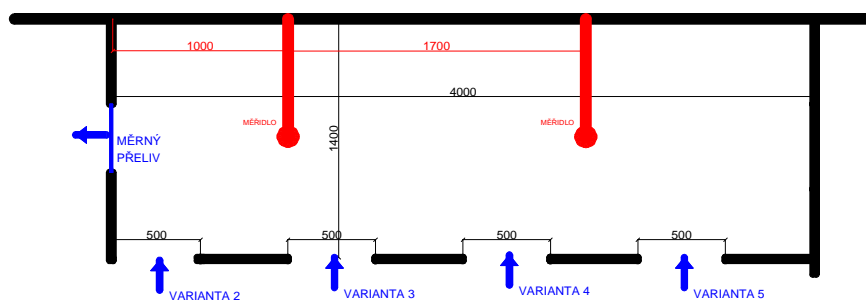
Příloha 21a

Hodnoty odchylek pro variantu 2 až 8.

VARIANTA 6, 7, 8



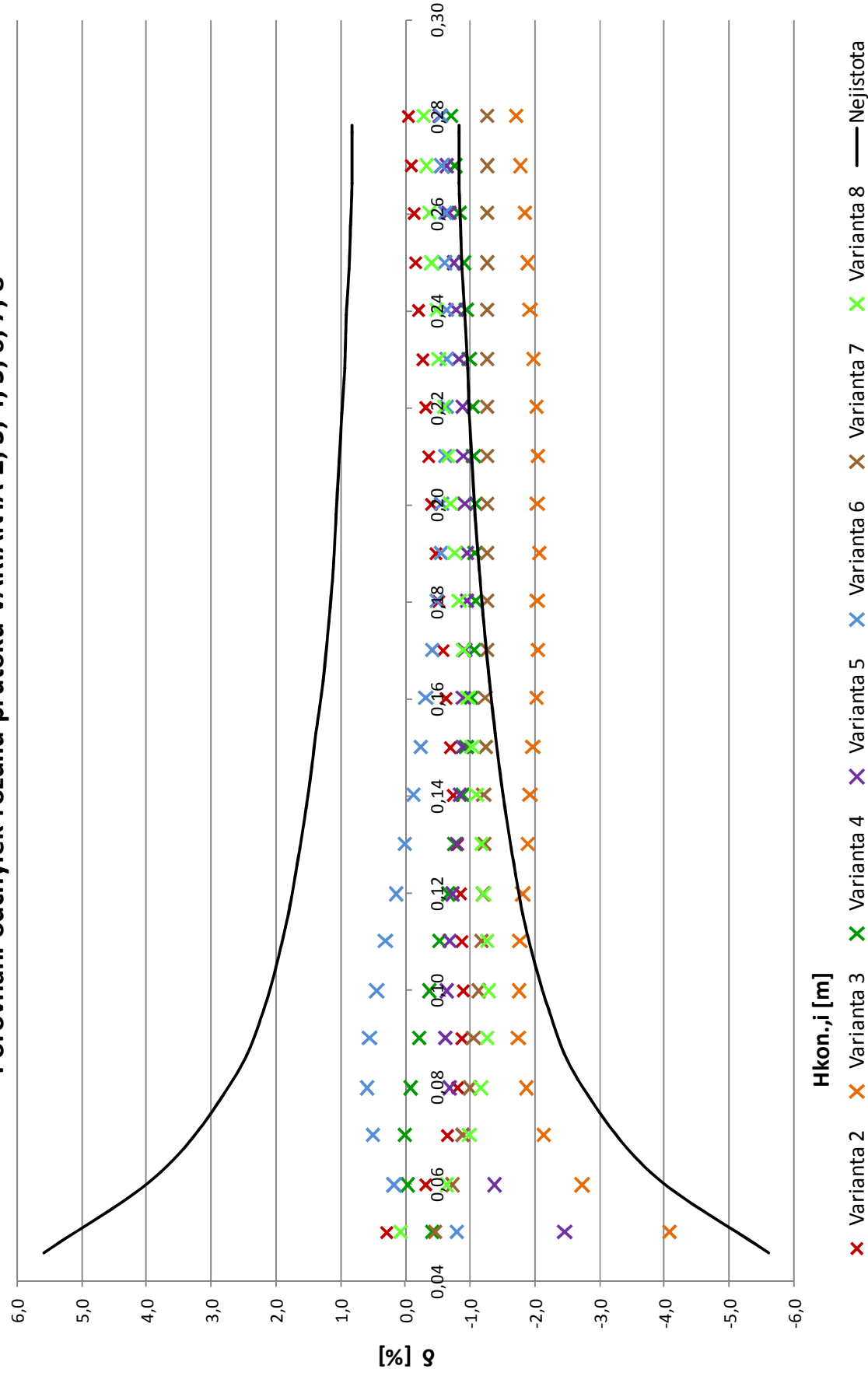
VARIANTA 2, 3, 4, 5



Varianta 1 Varianta 2 Varianta 3 Varianta 4 Varianta 5 Varianta 6 Varianta 7 Varianta 8

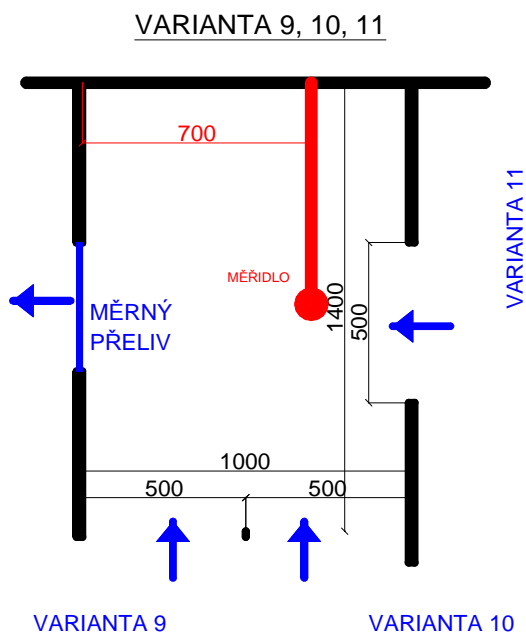
$H_{kon,i}$ [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	δ_2 [%]	δ_3 [%]	δ_4 [%]	δ_5 [%]	δ_6 [%]	δ_7 [%]	δ_8 [%]
0,05	0,0084	0,299	-4,05	-0,40	-2,47	-0,78	-0,44	0,09
0,06	0,0109	-0,320	-2,73	-0,02	-1,35	0,17	-0,71	-0,62
0,07	0,0137	-0,638	-2,12	0,03	-0,86	0,53	-0,87	-0,99
0,08	0,0166	-0,797	-1,85	-0,06	-0,66	0,61	-0,98	-1,17
0,09	0,0196	-0,867	-1,75	-0,20	-0,60	0,56	-1,06	-1,25
0,10	0,0228	-0,885	-1,74	-0,36	-0,61	0,44	-1,11	-1,27
0,11	0,0262	-0,871	-1,77	-0,51	-0,66	0,30	-1,15	-1,25
0,12	0,0297	-0,839	-1,82	-0,65	-0,72	0,16	-1,18	-1,21
0,13	0,0334	-0,794	-1,87	-0,77	-0,77	0,02	-1,20	-1,16
0,14	0,0372	-0,743	-1,92	-0,86	-0,83	-0,10	-1,21	-1,10
0,15	0,0411	-0,688	-1,97	-0,94	-0,87	-0,22	-1,23	-1,03
0,16	0,0452	-0,632	-2,00	-1,00	-0,90	-0,32	-1,23	-0,97
0,17	0,0494	-0,575	-2,03	-1,04	-0,92	-0,40	-1,24	-0,90
0,18	0,0537	-0,519	-2,04	-1,07	-0,93	-0,47	-1,24	-0,83
0,19	0,0582	-0,463	-2,05	-1,08	-0,93	-0,52	-1,25	-0,77
0,20	0,0627	-0,410	-2,04	-1,07	-0,92	-0,57	-1,25	-0,70
0,21	0,0674	-0,357	-2,02	-1,06	-0,90	-0,60	-1,25	-0,64
0,22	0,0722	-0,307	-2,00	-1,03	-0,87	-0,61	-1,25	-0,58
0,23	0,0771	-0,258	-1,97	-0,99	-0,83	-0,62	-1,25	-0,52
0,24	0,0822	-0,211	-1,92	-0,95	-0,79	-0,62	-1,25	-0,47
0,25	0,0873	-0,165	-1,88	-0,89	-0,74	-0,61	-1,25	-0,41
0,26	0,0926	-0,122	-1,82	-0,83	-0,68	-0,59	-1,25	-0,36
0,27	0,0979	-0,080	-1,76	-0,76	-0,61	-0,57	-1,24	-0,31
0,28	0,1034	-0,039	-1,70	-0,69	-0,55	-0,53	-1,24	-0,26

Porovnání odchylek rozdílu průtoku VARIANTA 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8



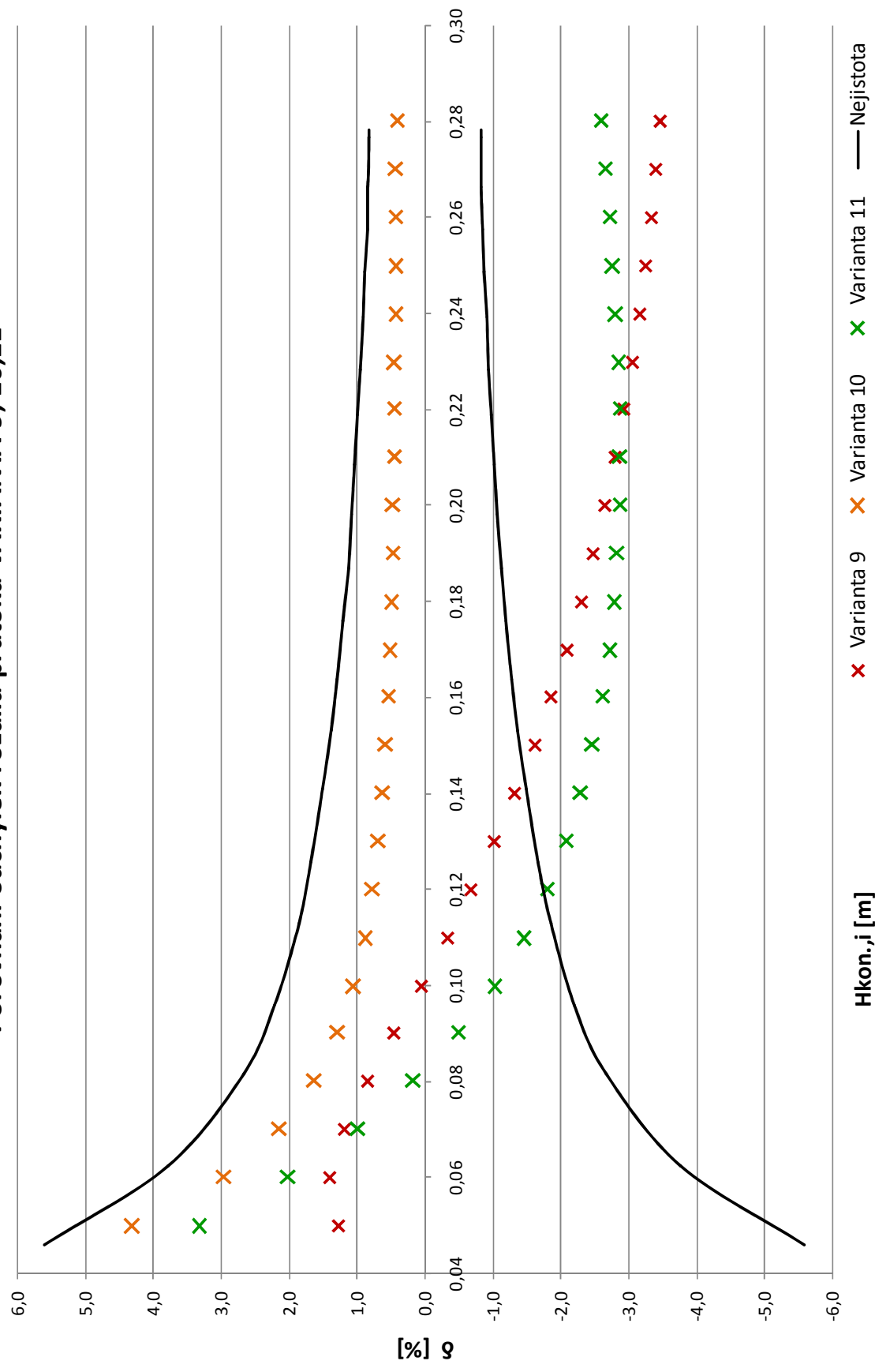
Příloha 22a

Hodnoty odchylek pro variantu 9, 10 a 11.



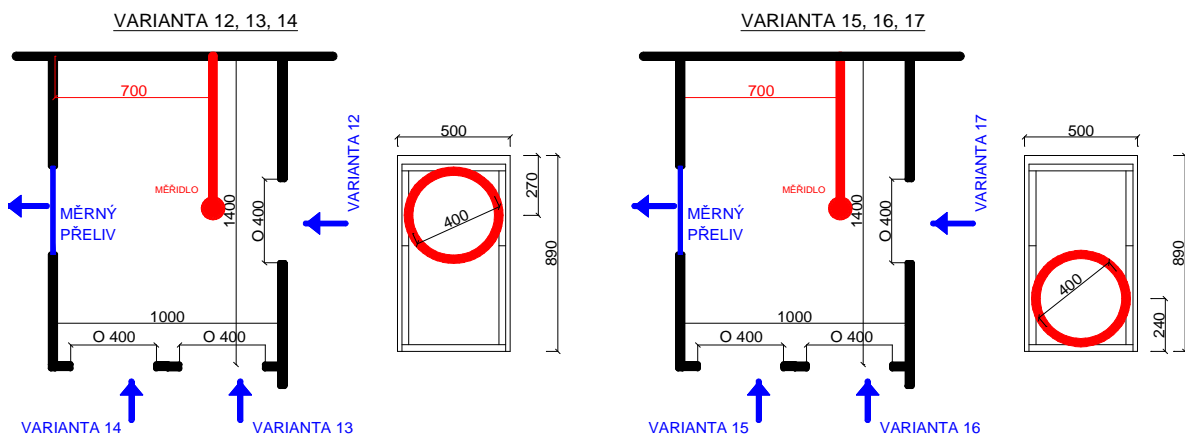
		Varianta 9	Varianta 10	Varianta 11
$H_{kon,i}$ [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	δ_9 [%]	δ_{10} [%]	δ_{11} [%]
0,05	0,0084	1,270	4,30	3,33
0,06	0,0109	1,395	2,96	2,01
0,07	0,0137	1,185	2,14	0,98
0,08	0,0166	0,841	1,62	0,17
0,09	0,0196	0,450	1,28	-0,49
0,10	0,0228	0,052	1,04	-1,02
0,11	0,0262	-0,332	0,88	-1,45
0,12	0,0297	-0,694	0,76	-1,79
0,13	0,0334	-1,029	0,68	-2,07
0,14	0,0372	-1,336	0,62	-2,30
0,15	0,0411	-1,616	0,58	-2,47
0,16	0,0452	-1,870	0,54	-2,61
0,17	0,0494	-2,100	0,52	-2,71
0,18	0,0537	-2,307	0,50	-2,79
0,19	0,0582	-2,493	0,48	-2,84
0,20	0,0627	-2,659	0,47	-2,87
0,21	0,0674	-2,808	0,46	-2,88
0,22	0,0722	-2,940	0,45	-2,87
0,23	0,0771	-3,057	0,45	-2,85
0,24	0,0822	-3,161	0,44	-2,82
0,25	0,0873	-3,252	0,43	-2,77
0,26	0,0926	-3,332	0,43	-2,72
0,27	0,0979	-3,402	0,42	-2,66
0,28	0,1034	-3,461	0,42	-2,59

Porovnání odchylek rozdílu průtoku VARIANTA 9, 10,11



Příloha 23a

Hodnoty odchylek pro variantu 12 až 17.



		Variant 12	Variant 13	Variant 14	Variant 15	Variant 16	Variant 17
$H_{kon,i}$ [m]	Q_{ideal} [m ³ /s]	δ_{12} [%]	δ_{13} [%]	δ_{14} [%]	δ_{15} [%]	δ_{16} [%]	δ_{17} [%]
0,05	0,0084	6,42	4,41	-3,87	2,09	-4,59	-1,91
0,06	0,0109	6,84	3,44	-3,65	1,51	-4,11	-1,88
0,07	0,0137	7,34	2,76	-3,32	1,17	-3,55	-1,71
0,08	0,0166	7,80	2,20	-2,98	0,92	-3,03	-1,51
0,09	0,0196	8,21	1,71	-2,69	0,69	-2,57	-1,34
0,10	0,0228	8,56	1,25	-2,44	0,47	-2,18	-1,21
0,11	0,0262	8,85	0,81	-2,25	0,25	-1,85	-1,11
0,12	0,0297	9,08	0,38	-2,11	0,01	-1,58	-1,05
0,13	0,0334	9,28	-0,05	-2,00	-0,23	-1,37	-1,03
0,14	0,0372	9,43	-0,48	-1,93	-0,48	-1,19	-1,03
0,15	0,0411	9,56	-0,90	-1,89	-0,74	-1,05	-1,06
0,16	0,0452	9,65	-1,32	-1,87	-1,01	-0,94	-1,11
0,17	0,0494	9,72	-1,73	-1,87	-1,28	-0,86	-1,17
0,18	0,0537	9,77	-2,14	-1,89	-1,55	-0,81	-1,25
0,19	0,0582	9,80	-2,55	-1,93	-1,83	-0,77	-1,34
0,20	0,0627	9,82	-2,95	-1,98	-2,11	-0,75	-1,44
0,21	0,0674	9,83	-3,35	-2,04	-2,39	-0,74	-1,55
0,22	0,0722	9,82	-3,74	-2,11	-2,67	-0,74	-1,67
0,23	0,0771	9,80	-4,13	-2,19	-2,94	-0,76	-1,80
0,24	0,0822	9,78	-4,52	-2,28	-3,22	-0,79	-1,93
0,25	0,0873	9,75	-4,90	-2,37	-3,50	-0,82	-2,06
0,26	0,0926	9,71	-5,27	-2,47	-3,78	-0,86	-2,20
0,27	0,0979	9,67	-5,64	-2,57	-4,05	-0,91	-2,34
0,28	0,1034	9,62	-6,01	-2,68	-4,32	-0,97	-2,48

Porovnání odchylek rozdílu průtoku VARIANTA 12, 13, 14, 15, 16, 17

